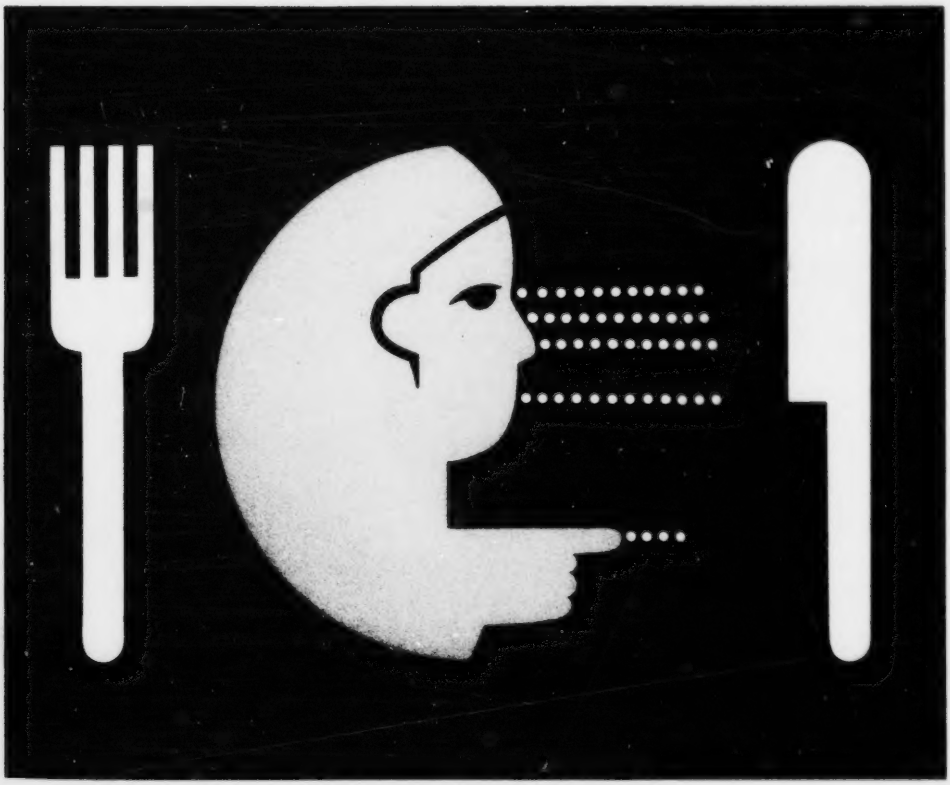
Agriculture
Canada

Publication 1637/F

Méthodes d'appréciation sensorielle des aliments en laboratoire



Canada

86-06781/

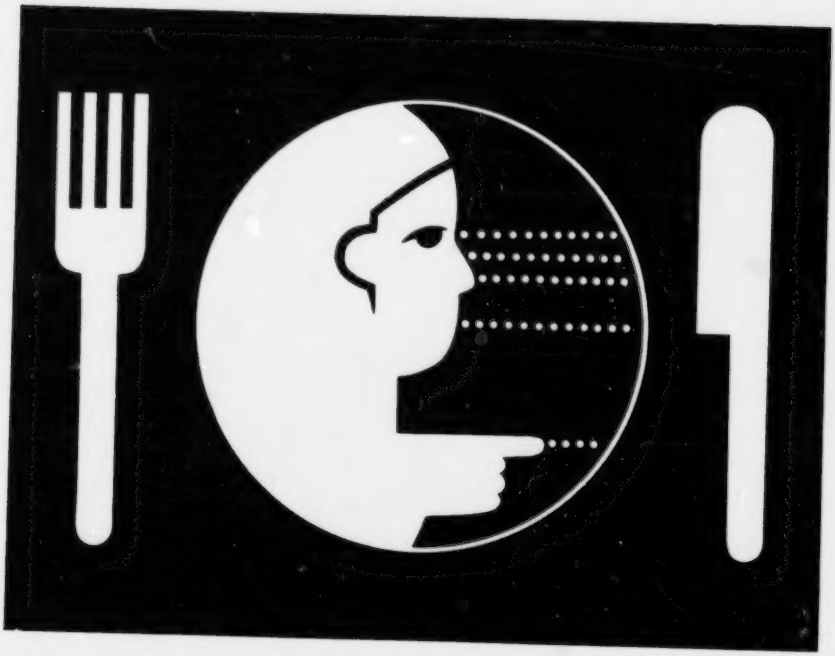
Agriculture
Canada

Research
Branch

Direction
de la Recherche

Méthodes d'appréciation sensorielle des aliments en laboratoire

ELIZABETH LARMOND
Ferme centrale expérimentale
Ottawa (Ontario)



©Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1979

En vente au Canada par l'entremise de nos

agents libraires agréés
et autres librairies

ou par la poste au:

Centre d'édition du gouvernement du Canada
Approvisionnements et Services Canada
Ottawa, Canada, K1A 0S9

N° de catalogue A73-1637/1979F
ISBN 0-662-90318-8

Canada: $4,00
Hors Canada: $4,80

Prix sujet à changement sans avis préalable

Also available in English under the title
Laboratory methods for sensory evaluation of food.

TABLE DES MATIÈRES

PRÉFACE 5
REMERCIEMENTS 5
INTRODUCTION 6
PRÉPARATION DE L'ESSAI 7
- Salle des essais 7
- Préparatifs des essais 7
- Éclairage 9
- Horaire des essais 10

PRÉPARATION DES ÉCHANTILLONS 10
- Dilution et supports 12
- Température de présentation 13
- Ustensiles 14
- Quantité présentée 14
- Nombre d'échantillons 15
- Codification et ordre de présentation 15
- Rinçage 16
- Renseignements sur les échantillons 16

SÉLECTION ET FORMATION DES EXPERTS 16
CONCEPTION DES EXPÉRIENCES ET SÉLECTION DES MÉTHODES D'ANALYSE DES DONNÉES 18
FACTEURS MODIFIANT LES MESURES D'APPRÉCIATION SENSORIELLE 18
- Erreur d'anticipation 19
- Erreur de stimulus 19
- Erreur de logique 19
- Effet de halo 19
- Suggestion 19
- Motivation 20
- Effet de contraste 20
- Erreur due à la position 20

MÉTHODES D'APPRÉCIATION SENSORIELLE 20
- Essais de différence 21
  - Essai triangulaire 21
  - Essai de comparaisons par paires simples 24
  - Essai de comparaisons par paires multiples 25
  - Essai de comparaisons par paires de Scheffé 25
  - Essai duo-trio 30
  - Essai de comparaisons multiples 32
  - Méthode des rangs 38
  - Méthode de notation 42
  - Échelle rationnelle 48

Analyse sensorielle descriptive ____ 48
Analyse descriptive doublée d'une échelle rationnelle ____ 49
Essais de préférence ____ 55
Essai de comparaisons par paires ____ 55
Échelle hédonique ____ 57
Méthode des rangs ____ 59
RÉFÉRENCES ____ 61
ANNEXE ____ 63
Tableau statistique 1 ____ 63
Essai triangulaire, analyse de différence
Tableau statistique 2 ____ 64
Essai à deux échantillons
Tableau statistique 3 ____ 65
Rapport de variances - répartition de *F* en points de 5%
Rapport de variances - répartition de *F* en points de 1%
Tableau statistique 4 ____ 67
Étendue significative de Student au seuil de 5%
Tableau statistique 5 ____ 68
Totaux des rangs
Tableau statistique 6 ____ 70
Notes correspondant aux données classées par rang
Tableau statistique 7 ____ 71
Distribution de *t*
Tableau statistique 8 ____ 72
Tableau de nombres choisis au hasard — permutations de 9

PRÉFACE

L'appréciation sensorielle est couramment utilisée pour le contrôle de la qualité et la mise au point de nouveaux produits. Elle est enseignée à l'université dans le cadre des cours portant sur les sciences de l'alimentation.

De nombreux progrès ont été effectués dans le domaine de l'appréciation sensorielle, depuis la publication en 1967 de la brochure intitulée, *Méthodes d'appréciation sensorielle des aliments*. À ce moment, nous n'avions pas voulu en faire une étude exhaustive. Mais à cause de la demande soutenue dont cette publication fait l'objet, spécialement de la part des enseignants, il nous a paru nécessaire de reprendre le sujet. Le format de la nouvelle publication demeure le même et des exemples de questionnaires et d'analyses sont inclus dans le texte.

REMERCIEMENTS

L'auteur tient à remercier l'exécuteur testamentaire de feu sir Ronald A. Fisher, F.R.S., de Cambridge; le Dr Frank Yates, F.R.S., de Rothamstead; et MM. Oliver and Boyd Ltd., d'Edinburgh, qui ont permis la reproduction partielle des tableaux V (tableau statistique 3) et XX (tableau statistique 6) de leur ouvrage intitulé *Statistical Tables for Biological, Agricultural, and Medical Research*. Ses remerciements s'adressent également au Iowa State University Press, Ames (Iowa), pour avoir accordé la permission de reproduire les tableaux statistiques 4 et 7 de *Statistical Methods* de George W. Snedecor et William G. Cochran, 6e édition (c), 1967. La reproduction en partie de Tables of Random Permutations (tableau statistique 8), tiré de *Experimental Designs* de William G. Cochran et Gertrude M. Cox 1950, a été rendue possible grâce à John Wiley and Sons, Inc. La permission de reproduire le tableau statistique 5 de l'ouvrage *Chemical Senses and Flavor*, Vol. 1:121-133, de A. Kramer, G. Kahan, D. Cooper et A. Papavasilian 1974, a été obtenue de D. Reidel Publishing Company, Dordrecht (Hollande). Finalement, l'auteur est très reconnaissante envers l'Institute of Food Technologists pour avoir permis la reproduction du tableau statistique 1, obtenu de *Food Research 1948* de E.B. Roessler, J. Warren et J.F. Guyman et le tableau 2 de *Food Research 1956*, Vol. 21 de E.B. Roessler, G.A. Baker et M.A. Amerine (tous droits réservés par l'Institute of Food Technologists). En dernier lieu, elle tient à exprimer sa profonde gratitude à toutes les personnes qui l'ont conseillée et aidée à préparer cet ouvrage.

INTRODUCTION

En mangeant, nous faisons une appréciation sensorielle des aliments par le goût, l'odorat, le toucher et l'ouïe. La sensation complexe, résultant de l'interaction de nos sens, est utilisée pour mesurer la qualité des aliments dans le cadre des programmes de contrôle de la qualité et de la préparation de nouveaux produits. Cette appréciation peut être effectuée par une seule personne ou par plusieurs centaines.

La première forme d'appréciation sensorielle, la plus simple, est réalisée sur place par le chercheur qui crée les nouveaux produits alimentaires. Celui-ci compte sur sa propre appréciation pour déterminer les principales différences entre les produits. Une appréciation sensorielle est par la suite effectuée de façon plus formelle en laboratoire et par des comités de consommateurs.

La plupart des aspects touchant la qualité ne peuvent être mesurés que par des comités d'appréciation sensorielle, même si l'on fait constamment des progrès dans l'élaboration des essais objectifs permettant d'évaluer les facteurs individuels de qualité. Tandis que de nouveaux instruments de mesure de qualité seront mis au point, l'appréciation sensorielle servira à appuyer et à normaliser de nouveaux essais objectifs.

Si l'on utilise des personnes comme instrument de mesure, une surveillance rigide de toutes les méthodes et conditions d'essais s'avère nécessaire pour contrebalancer les erreurs dues à des facteurs psychologiques. Dans le présent contexte, le terme "erreur" n'est pas synonyme de faute, mais peut englober toutes sortes d'influences extérieures. L'état physique et mental de l'expert et le milieu ambiant influent sur les résultats des essais sensoriels. Par exemple, certaines personnes font preuve d'une grande acuité gustative pendant la matinée, d'autres pendant l'après-midi. Même la température peut influencer la disposition des experts.

Les comités d'appréciation sensorielle peuvent se répartir en trois types: les comités d'experts hautement qualifiés, les comités d'experts de laboratoire et les grands comités de consommateurs.

Les comités d'experts hautement qualifiés permettent d'évaluer la qualité, tandis que les grands comités de consommateurs servent à déterminer la réaction du consommateur à un certain produit.

Les essais d'appréciation sensorielle confiés à des comités relativement grands sont précieux pour prévoir les réactions des consommateurs. Les résultats des comités de spécialistes et d'experts de laboratoire qualifiés peuvent s'avérer utiles pour le contrôle, la prépa-

ration ou l'amélioration des produits et l'évaluation de la qualité. Le comité, constitué d'experts qualifiés, peut être particulièrement utile pour pallier le manque d'appareils adéquats pour l'évaluation des modifications d'un produit.

PRÉPARATION DE L'ESSAI

SALLE DES ESSAIS

On utilise, pour les essais d'appréciation sensorielle, une salle spéciale permettant de limiter les distractions et de contrôler les conditions. Il est possible de se livrer à l'appréciation d'un produit dans un laboratoire ou dans un bureau, mais il est difficile d'empêcher les interruptions et les distractions et de conserver les mêmes conditions pour chaque essai. La salle des essais doit donc être une pièce calme et confortable. Si possible, elle doit être munie d'un climatiseur et dans certains cas, d'un appareil de contrôle de l'humidité.

L'agencement de la salle réservée aux essais dépend généralement des installations existantes. Si l'on dispose d'une construction neuve, on aménage la salle des essais dans un endroit facile d'accès pour les membres du comité. La zone de préparation doit être séparée de la salle des essais. Les dégustateurs ne doivent pas passer par la zone de préparation, car ils pourraient y remarquer des indices pouvant influencer leur jugement.

Toutes les odeurs étrangères et les odeurs de cuisine doivent être bannies de la salle des essais. On doit interdire de fumer et chercher à éviter les odeurs de produits de beauté. Le comité d'appréciation sensorielle de l'*American Society for Testing and Materials* (1968) recommande le maintien d'une pression légèrement supérieure à la normale dans la salle des essais, afin de chasser les odeurs provenant des pièces voisines.

PRÉPARATIFS DES ESSAIS

Pour la plupart des types d'essais, on demande aux dégustateurs de prononcer des jugements indépendants, excepté pour les méthodes de profil. Les essais ont lieu dans des cabines individuelles, dans le but d'éviter les distractions et d'empêcher la communication entre les membres des comités. Ces cabines peuvent être constituées de simples séparations posées sur une table. On peut aussi adopter un autre système peu coûteux qui consiste à monter sur charnières les cloisons qui peuvent ainsi être pliées quand la table du laboratoire est utilisée à d'autres fins.

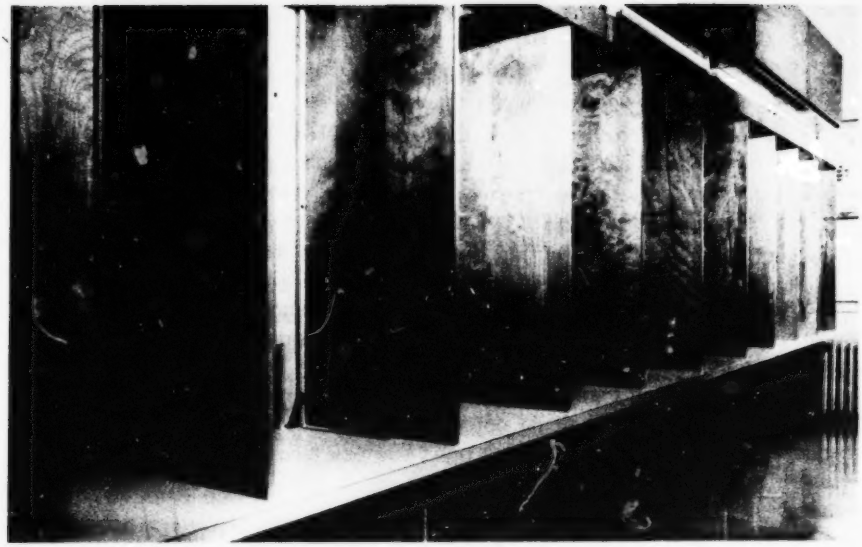


Fig. 1 Local réservé au comité de dégustation

Ordinairement, on construit des petites cabines le long du mur de séparation entre la salle des essais et la zone de préparation (fig. 1). Cette disposition est généralement préférable, car les préparateurs ne sont pas tenus de se rendre dans la salle des essais, les échantillons de nourriture pouvant être confiés aux dégustateurs par un guichet aménagé dans le mur.

Il convient de déterminer certaines méthodes de communication entre le dégustateur et le préparateur. Dans certains laboratoires, un interrupteur actionnant une lumière dans la salle de préparation permet au dégustateur de signaler qu'il est prêt à essayer un autre échantillon. Au laboratoire de l'Institut de recherches sur les aliments, il suffit au dégustateur de fermer le passe-plat à tambour, pour indiquer qu'il est prêt à essayer un autre échantillon (fig. 2). Cette méthode permet une assez bonne communication et chaque cabine peut être utilisée trois ou quatre fois, sans que le préparateur ait besoin de se rendre dans la salle des essais.

Les cabines peuvent être relativement simples ou très élaborées, selon les fonds dont on dispose. Dans de nombreux laboratoires, elles sont munies d'un évier et d'un robinet permettant au dégustateur de se rincer la bouche et de cracher. Ellis (1961) a signalé que les éviers peuvent engendrer des problèmes d'hygiène et d'odeurs, s'ils ne sont

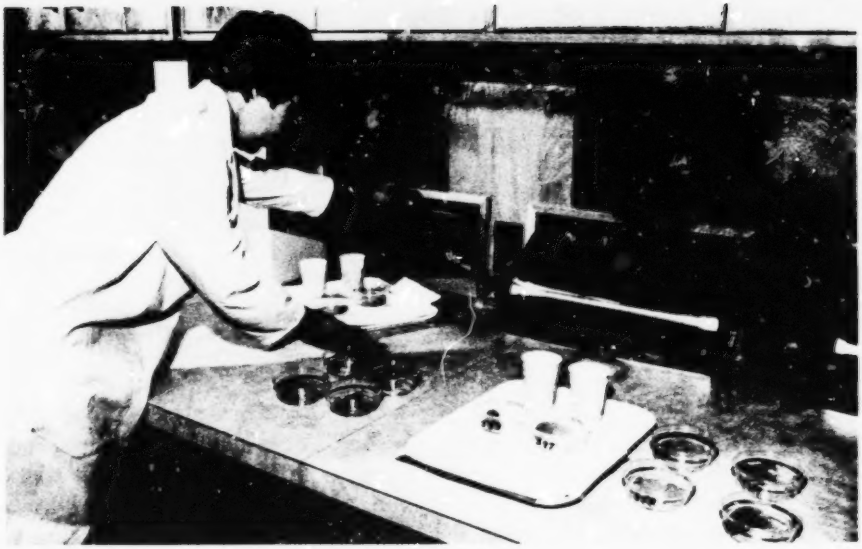


Fig. 2 Présentation des échantillons par le passe-plat

pas convenablement nettoyés. Elle recommande les lavabos à succion, semblables à ceux qu'utilisent les dentistes. On ne conseille pas d'installer un robinet dans la cabine, car il est difficile de contrôler la température de l'eau. À l'Institut de recherches sur les aliments, on verse l'eau de rinçage quelque temps avant l'essai, pour qu'elle soit à la température de la pièce.

Lors des analyses descriptives et des sessions de formation, il convient de disposer d'une table ronde pour les discussions. Il est utile que le centre de la table soit mobile pour faire circuler les échantillons. Les dégustateurs doivent disposer de chaises et de tabourets confortables, qu'ils soient installés à une table ou dans des cabines individuelles.

La couleur des cabines ne doit pas modifier l'aspect du produit examiné. On recommande généralement le blanc cassé ou le gris clair.

ÉCLAIRAGE

L'éclairage doit être uniforme afin d'éviter de modifier l'apparence du produit examiné. Le type de lumière utilisé doit être soigneusement choisi, lorsque la couleur et l'apparence sont des facteurs importants, car de nombreuses lampes fluorescentes déforment la couleur.

On utilise parfois des lumières colorées pour masquer les différences de couleur des échantillons. Les cabines du laboratoire de l'Institut de recherches sur les aliments sont munies de lumières rouges, que l'on utilise après avoir fait l'obscurité dans la pièce. Ces lampes ne sont pas particulièrement efficaces car elles n'empêchent pas de discerner certaines différences dans l'intensité de la couleur. Dans certains cas, on réduit l'intensité de la lumière pour n'accorder au dégustateur que le minimum nécessaire.

Amerine et al. (1965) ont fait remarquer qu'on ne pouvait évaluer les conséquences d'une lumière colorée ou affaiblie sur la décision des dégustateurs. Les personnes expérimentées peuvent très bien s'en accommoder, mais certains novices se sont déclarés insatisfaits des lumières colorées.

HORAIRE DES ESSAIS

L'heure à laquelle les essais sont effectués influe sur les résultats. Bien que l'on ne puisse tenir compte de ce facteur dans les cas où les essais sont nombreux, il semble que les heures les plus favorables soient la fin de la matinée et le milieu de l'après-midi.

PRÉPARATION DES ÉCHANTILLONS

Le type de matériel de préparation dépend des produits devant être soumis à l'examen. Une cuisine bien équipée est une bonne base qu'il faut compléter avec du matériel spécialisé adapté aux besoins. La salle de préparation des échantillons doit être munie d'un bon système de ventilation pour éliminer les odeurs de cuisine. Il est important de prévoir des plans de travail assez grands pour la préparation des échantillons (fig. 3).

On détermine généralement la méthode de préparation du produit lors d'essais préliminaires. Tous les divers facteurs relatifs à la durée et à la température de dégel et de cuisson, à la quantité d'eau et à la taille de la casserole, ainsi qu'à la durée et à la vitesse de mélange doivent être établis à l'avance et maintenus pendant toute la durée des essais du produit.

Pour les essais de différence, il faut choisir une méthode de préparation permettant la détection d'une différence. Pour les essais de préférence et d'acceptation, la méthode de préparation doit se calquer sur l'usage normal.

Pour que les résultats soient significatifs, l'expert doit recevoir des échantillons typiques du produit. Pour que les spécimens soient représentatifs, il s'avère parfois nécessaire de couper, de mettre en dés ou de mélanger les produits frais ou le contenu de plusieurs boîtes ou récipients.

Fig. 3 Préparation des échantillons

Les experts sont influencés par les caractéristiques inhabituelles des échantillons. C'est pourquoi, il faut s'attacher à préparer des échantillons identiques, à l'exception de la caractéristique faisant l'objet de l'essai. Pour obtenir une certaine uniformité, il est parfois nécessaire de moudre, de couper en dés, de trancher ou de mettre en purée les échantillons. Toutefois, selon Kefford et Christie (1960), les dégustateurs préfèrent les aliments à l'état naturel. Lors des essais d'acceptation ou de préférence, il est conseillé de proposer un échantillon à la fois, plutôt que de moudre ou broyer le produit pour dissimuler les différences.

Comme nous l'avons déjà vu, les différences de couleurs sont parfois masquées par des lumières colorées ou atténuées. Certains chercheurs utilisent, dans le même but, des récipients colorés comme des verres rouge foncé ou des tasses de couleur noire. On a recours aussi parfois à des colorants sans saveur.

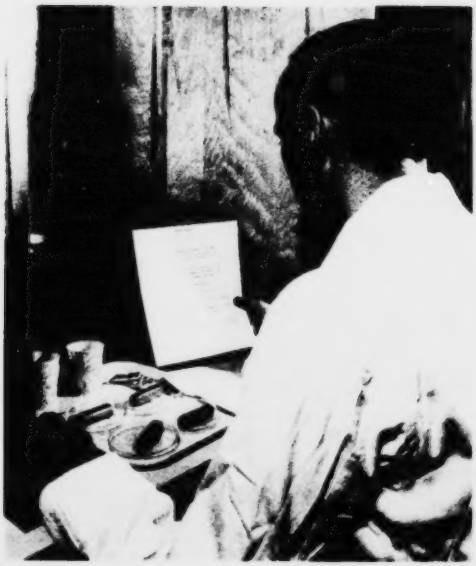


Fig. 4 L'expert face aux échantillons et au questionnaire

DILUTION ET SUPPORTS

La plupart des aliments sont présentés comme le sont généralement les plats d'un repas. Certains produits, comme les sauces piquantes et les épices, doivent être dilués avant d'être essayés. On peut mélanger les épices avec de la sauce blanche ou du sirop de sucre, mais dans ce cas, il faut tenir compte de l'influence de la sauce ou du sirop sur le goût. Plusieurs chercheurs, dont Stone et Oliver (1966), Mackey et Valassi (1956), Marshall et Vaisey (1972), ont signalé que les gelées colloïdales peuvent masquer la saveur.

Kroll et Pilgrim (1961) ont découvert que les supports n'étaient pas nécessaires pour l'examen de certains produits comme la garniture fouettée, le fromage à tartiner et le catsup, et que dans certains cas, la différence était plus évidente en l'absence de support. Par ailleurs, le choix d'un support approprié est souvent difficile et l'utilisation de biscuits pour les essais de confitures et de saucisses pour les essais de catsup augmente le travail et le coût de l'expérience. Les supports peuvent aussi être une source d'erreur, lorsqu'ils ne sont pas de qualité constante ou lorsque la proportion de produit qu'ils présentent est irrégulière.

Toutefois, certains produits sont de nature telle qu'ils doivent être accompagnés d'un support lors de certains essais. La garniture de tarte doit être essayée avec de la pâte pour examiner l'interaction des deux ingrédients et spécialement la texture de l'ensemble. Le glaçage doit être essayé sur un gâteau, non seulement pour contrôler la combinaison des saveurs, mais aussi pour vérifier la facilité d'utilisation du glaçage.

TEMPÉRATURE DE PRÉSENTATION

La température de présentation des échantillons pose parfois certains problèmes. Pour les essais de préférence et d'acceptation, les échantillons doivent être servis à la température à laquelle ils sont normalement consommés. De façon générale, cette règle s'applique aussi aux essais de différence. Cependant, il arrive parfois que les experts parviennent mieux à différencier les échantillons, lorsque ceux-ci sont légèrement plus chauds ou plus froids que la normale. Par exemple, les huiles de table sont généralement jugées à 44°C.

Divers chercheurs dont Caul (1957) et les spécialistes du Comité d'appréciation sensorielle de l'A.S.T.M. (1968) ont proposé des températures de présentation pour de nombreux aliments. Les aliments chauds sont généralement servis entre 60 et 66°C. La crème glacée doit être servie entre −1 et 2°C, et les autres aliments, entre 4 et 10°C. Afin que les résultats soient comparables, il convient de conserver la même température au cours de tous les essais.

Lorsque la température de présentation est déterminée, il reste à trouver une méthode de conservation des échantillons à la température voulue. On peut utiliser des fours permettant de contrôler la température et l'humidité. Certains laboratoires préfèrent des récipients munis d'une résistance électrique. À l'Institut de recherches sur les aliments, les produits sont conservés au chaud dans des récipients placés au bain-marie, on y prélève directement les échantillons qui sont présentés aux experts dès leur arrivée. On peut découper des blocs de polystyrène et y placer les récipients pour maintenir les produits à la bonne température.

Il faut veiller à ce que les échantillons ne sèchent pas ou ne diminuent pas en qualité, lorsqu'ils doivent être conservés au chaud pendant un certain temps. Par exemple, lors d'expériences sur la texture des spaghettis, on décida de plonger les échantillons dans l'eau froide dès leur cuisson terminée, afin d'éviter toute modification possible. Les échantillons de spaghetti furent servis froids aux experts.

USTENSILES

Les ustensiles de présentation ne doivent ajouter aucune odeur ni aucun goût au produit. Afin de supprimer toute cause d'erreur, il faut utiliser des récipients identiques pour chaque échantillon. Il est conseillé d'utiliser des récipients incolores ou blancs, sauf dans les cas où l'on veut dissimuler des différences de couleur. Les récipients jetables en matière plastique, en papier ou en polystyrène s'avèrent très pratiques lorsque le comité est composé d'un grand nombre d'experts cependant, comme dans le cas des essais à la consommation, on doit s'assurer au préalable qu'ils n'ajoutent aucune saveur au produit. Pour les essais olfactifs, on utilise souvent des verres à pied munis d'un couvercle de verre.

Ellis (1961) recommande qu'une salle de laboratoire soit équipée des ustensiles suivants: verres de couleur rouge foncé de 100 mL, moules à flanc en pyrex de 200 mL, demi-tasses de 100 mL, verres de 250 à 400 mL, bouteilles à bouchons de verre de 125 ou 250 mL pour les essais olfactifs, ainsi que petites fourchettes et cuillères en acier inoxydable.

QUANTITÉ PRÉSENTÉE

La quantité d'échantillon présentée à chaque expert est souvent limitée par la quantité de produits disponibles. Le Comité d'appréciation sensorielle de l'A.S.T.M. (1968) recommande de proposer à chaque expert au moins 15 mL de liquide et 30 g de solide pour les essais de différence et de doubler ces quantités pour les essais de préférence.

La quantité d'échantillon présentée doit demeurer constante pendant tous les essais. Les experts doivent recevoir une quantité suffisante, afin d'essayer le produit à plusieurs reprises avant de prendre une décision. Dans le cas de certains produits comme les épices, il faut contrôler à chaque fois la quantité de produit examinée par l'expert. Au cours d'une expérience sur l'amertume du fromage, une solution de sulfate de quinine a été choisie comme référence et servie à l'aide de pipettes, pour s'assurer de la constance de la quantité de solution goûtée à chaque essai.

Dans d'autres cas, on a demandé aux experts d'absorber d'assez grandes quantités de produit. Lors d'études d'acceptation de lait aromatisé, les experts devaient boire 200 mL du produit avant de décider de son acceptation. En effet, de tels produits peuvent paraître très agréables lorsqu'on en absorbe 30 mL, mais s'avérer trop sucrés ou trop lourds si l'on en absorbe 200 mL.

NOMBRE D'ÉCHANTILLONS

Il faut déterminer, au cours d'essais préliminaires, le nombre d'échantillons pouvant être jugés de façon efficace au cours d'une même séance. Pour décider du nombre d'échantillons à juger au cours d'une séance, il faut tenir compte du type de produit et de l'expérience des experts. À cet égard, la motivation est un facteur important, car les dégustateurs perdent souvent le goût de déceler les différences avant de perdre leurs aptitudes.

CODIFICATION ET ORDRE DE PRÉSENTATION

De nombreux chercheurs se sont penchés sur les conséquences de l'ordre de présentation des échantillons aux juges. Klemmer (1968) a étudié les conséquences de cet ordre de présentation dans un rapport sur les principes psychologiques de l'appréciation sensorielle. Lorsque les échantillons de bonne qualité sont servis en premier, les échantillons de qualité médiocre sont moins bien cotés. De même, lorsqu'un échantillon de bonne qualité est servi après un échantillon de qualité médiocre, le premier reçoit une meilleure note. Ce phénomène, appelé effet de contraste, est étudié dans la présente publication.

À cause de l'effet de convergence qui se produit aussi lorsque deux ou plusieurs échantillons sont jugés en même temps, on a souvent tendance à assimiler un échantillon aux spécimens qui l'accompagnent, indépendamment des différences de qualité. Dans certains essais, en particulier l'essai triangulaire, il a été démontré que l'ordre de présentation peut être un facteur d'erreur. Lorsque les différences sont très minimes, on a tendance à reconnaître dans l'échantillon du milieu un produit différent.

À cause de ces effets et de certaines autres influences psychologiques et physiologiques, les échantillons sont présentés à chaque expert au hasard ou dans un ordre équilibré. Lorsqu'on dispose d'un petit nombre d'échantillons et d'experts, l'ordre de présentation peut être équilibré de façon à ce que toutes les combinaisons possibles interviennent un nombre égal de fois. Pour des expériences à plus grande échelle, on peut déterminer l'ordre à l'aide de tableaux de nombres choisis au hasard. Le tableau statistique 8 de la page 00 présente un tableau de nombres choisis au hasard.

Le numéro assigné aux échantillons ne doit révéler aux experts aucun indice concernant l'identité des traitements et le code lui-même ne doit être la cause d'aucune erreur. Il est conseillé de coder les échantillons en leur affectant des nombres de trois chiffres pris au hasard dans les tableaux prévus à cet effet. Dans le cas des essais olfactifs, il est préférable de marquer le code au crayon gras, car les crayons feutres peuvent laisser une odeur sur le récipient.

RINÇAGE

On fournit aux experts un liquide pour se rincer la bouche entre chaque échantillon. De nombreux chercheurs préconisent de l'eau à saveur neutre, à la température de la pièce. Lorsqu'on juge des nourritures grasses, l'eau chaude s'avère plus efficace. Les craquelins, pommes, céleri et pain peuvent servir à éliminer certains goûts. Les dégustateurs expérimentés de fromage cheddar préfèrent se rincer la bouche avec de l'eau, puis attendre 5 minutes avant d'essayer un nouvel échantillon. Certains chercheurs insistent pour que les experts se rincent la bouche entre les échantillons, tandis que d'autres leur laissent le choix. Toutefois, indépendamment de ce qu'il choisit, l'expert doit opérer de la même manière après chaque échantillon.

Le laps de temps séparant chaque dégustation doit être constant et parfois, sévèrement contrôlé. Cependant, dans d'autres cas, les experts peuvent travailler à leur propre rythme.

RENSEIGNEMENTS SUR LES ÉCHANTILLONS

Les experts doivent disposer du moins de renseignements possible au sujet de l'essai, de tels renseignements pouvant influer sur les résultats. Des experts ont accordé une bonne appréciation lorsqu'on leur a signalé que le jus de tomates qu'ils devaient goûter contenait des ingrédients de haute qualité et ont donné une note inférieure quand le même échantillon leur a été présenté comme un mélange d'ingrédients de moins bonne qualité (Pettit, 1958). Cette idée préconçue est appelée erreur d'anticipation. Les experts découvrent généralement ce qu'ils s'attendent à rencontrer. Compte tenu de cette erreur d'anticipation, les personnes mêlées à l'expérience ne doivent pas faire partie du comité de dégustation.

SÉLECTION ET FORMATION DES EXPERTS

Le comité constitue "l'instrument d'analyse" de l'appréciation sensorielle. La valeur de cet instrument dépend de l'objectivité, de la précision et de la faculté des experts à réitérer leur jugement. Avant d'utiliser un comité avec confiance, il convient de déterminer l'aptitude des experts à renouveler leur jugement. L'intérêt, la motivation, l'attitude générale et l'équilibre émotionnel des experts peuvent être responsables de jugements inconstants.

Les membres d'un comité d'appréciation sensorielle sont généralement choisis parmi le personnel de bureau, celui de l'usine ou celui préposé à la recherche. Le personnel doit considérer le service dans un comité d'experts, comme faisant partie de son travail habituel. Les

supérieurs des membres des comités d'appréciation doivent, à ce titre, faire preuve d'une collaboration totale. Cependant, nul ne devrait être obligé d'apprécier des aliments qui lui déplaisent.

Plus le nombre des participants partiellement expérimentés est élevé, plus les variations individuelles sont équilibrées. Toutefois, un petit comité hautement expérimenté donne des résultats plus sûrs qu'un grand comité composé de personnes non expérimentées. Le nombre de participants ne doit pas être inférieur à quatre ou cinq. Un comité de laboratoire est généralement composé de 10 à 20 personnes qui essaient trois ou quatre fois chaque produit traité.

Les membres d'un comité doivent être en bonne santé et décliner la tâche de dégustateur lorsqu'ils souffrent de conditions pouvant gêner l'exercice normal de leurs fonctions gustatives et olfactives. Chez un dégustateur, les facteurs émotionnels, l'intérêt et la motivation semblent être plus importants que l'âge ou le sexe. On recommande généralement aux experts de s'abstenir de fumer, de mâcher de la gomme, de manger ou de boire, au moins 30 minutes avant un essai.

La réaction de l'expert est influencée par sa motivation et un expert intéressé est toujours plus efficace. Les experts doivent prendre conscience que les essais sont des exercices sérieux et que leur contribution est importante. Le travail sera d'autant plus valorisé que les essais seront effectués avec ordre et méthode.

Pour que les membres d'un comité demeurent intéressés à leur travail, il serait bon de leur communiquer les résultats obtenus. Cependant, les experts doivent sentir que leur travail est important et que le résultat importe moins que l'essai lui-même.

Amerine et al. (1965) pensent qu'il est possible de constituer un petit comité efficace par la sélection et la formation des experts les plus stables et les plus sensibles. Les essais de seuil ne sont pas utiles pour le choix des experts, car la sensibilité au goût primaire n'est pas toujours liée à l'habilité à déceler les différences. Il est préférable de choisir les experts en fonction de leur aptitude à déceler les différences dans les aliments qui leur sont présentés. La sélection doit consister à classer le plus grand nombre possible de personnes, selon leur aptitude à reconnaître les échantillons préparés, de façon à ce que les variations obtenues soient semblables à celles qui seraient observées au cours d'une expérience réelle. Les membres choisis doivent être profondément sensibles aux caractéristiques étudiées et pouvoir réitérer leur jugement. Un nouveau comité doit être réuni pour chaque produit, car les aptitudes des experts varient selon les divers types d'échantillons.

Les experts doivent apprendre à oublier leurs préférences personnelles pour produire des décisions objectives. Ils doivent se

familiariser avec la méthode utilisée. Tous les membres d'un comité doivent connaître et s'accorder sur la signification exacte de chaque terme descriptif employé. L'utilisation de normes de physique, au cours des séances de formation, aide les experts à fournir des jugements plus uniformes. Une méthode commune de manipulation et d'essai des échantillons doit être discutée et mise au point pendant la période de formation.

CONCEPTION DES EXPÉRIENCES ET SÉLECTION DES MÉTHODES D'ANALYSE DES DONNÉES

Toutes les expériences doivent être préparées à l'avance pour que l'analyse des données puisse se faire d'après un modèle mathématique simple. La plupart des modèles mathématiques simples sont liés à l'indépendance des données. La planification des expériences a été élaborée pour favoriser cette indépendance, et elle permet bien souvent l'application d'un modèle mathématique simple. La planification assure le bon rendement de l'essai et permet des économies de temps et de matériel. *Experimental Design*, de Cochran et Cox (1957), est un excellent ouvrage de référence pour la conception des expériences.

Les résultats des essais sensoriels étant variables, ils ne peuvent être interprétés de manière directe. Ils doivent être traités par des méthodes statistiques. Ces méthodes comparent les résultats réellement obtenus avec ce qui se produirait si le hasard seul entrait en jeu. Les résultats sont généralement exprimés en degrés de signification qui indiquent la probabilité selon laquelle ils sont le produit du hasard.

Les techniques d'analyse des résultats de plusieurs méthodes d'appréciation sensorielle sont décrites et illustrées dans la présente publication.

FACTEURS MODIFIANT LES MESURES D'APPRÉCIATION SENSORIELLE

C'est dans le but de diminuer ou de contrôler l'influence des facteurs psychologiques et des conditions physiques des personnes et du milieu sur le jugement humain que l'on a mis au point les normes de préparation et de réalisation des essais d'appréciation sensorielle. Il suffit de décrire certains facteurs influençant le jugement humain et d'illustrer les moyens permettant de les diminuer ou de les éliminer, pour se rendre compte de la nécessité de méthodes normalisées.

ERREUR D'ANTICIPATION

Tout renseignement fourni aux experts au sujet de l'essai influence les résultats. Cette idée préconçue est appelée erreur d'anticipation. Les experts découvrent généralement ce qu'ils s'attendent à découvrir. C'est pourquoi, ils ne doivent pas posséder de renseignements détaillés sur l'essai, de même, les personnes mêlées à l'expérience ne doivent pas faire partie du comité. Les échantillons doivent être codés, de sorte que les experts ne puissent les identifier. Afin que le code lui-même ne soit pas une source d'erreur, on recommande d'utiliser des nombres de trois chiffres pris au hasard, car les gens associent généralement "1" ou "A" à l'idée de meilleur.

ERREUR DE STIMULUS

Dans son désir de fournir une bonne réponse, l'expert peut être influencé à tort par certaines caractéristiques des échantillons. Par exemple, s'il doit chercher la différence entre deux échantillons de pêches, l'expert tente d'utiliser tous les indices possibles. La taille, la différence de couleur et la fermeté des échantillons peuvent influencer son jugement. À cause de cette erreur de stimulus, il convient de présenter les échantillons les plus uniformes possible et de dissimuler toute différence non voulue.

ERREUR DE LOGIQUE

L'erreur de logique, étroitement liée à l'erreur de stimulus, incite l'expert à accorder de l'importance à certaines caractéristiques particulières qui lui semblent logiquement apparentées à d'autres caractères. Par exemple, la couleur légèrement jaunâtre de certaines pommes de terre déshydratées peut être interprétée par l'expert comme un signe d'oxydation l'incitant à trouver un goût différent à l'échantillon. On peut contrôler cette erreur en présentant des échantillons uniformes et en dissimulant les différences.

EFFET DE HALO

La recherche de plusieurs facteurs dans un même échantillon peut engendrer un effet de halo. Lorsque l'expert doit examiner en même temps l'odeur, la texture, la couleur et le goût d'un même échantillon, il perçoit souvent une impression générale du produit et fournit des résultats différents de ceux pouvant être obtenus si chaque facteur était examiné individuellement. Afin d'éliminer cette conséquence, il convient de n'étudier qu'une seule caractéristique à la fois.

SUGGESTION

La réaction d'un expert peut être influencée par celle de ses collègues. Il convient donc qu'ils soient séparés les uns des autres, dans

des cabines individuelles. On interdit les conversations pendant les essais, afin que les experts ne puissent s'influencer mutuellement. La salle des essais doit être exempte de bruits et de distractions et séparée de la salle de préparation.

MOTIVATION

La perception sensorielle de l'expert varie selon sa motivation. Un expert intéressé est toujours plus efficace. Il est possible d'alimenter l'intérêt des experts en leur communiquant les résultats obtenus. Les personnes expérimentées sont généralement plus motivées que les autres (Eliis, 1967). Les experts doivent avoir conscience de participer à un exercice important. Des essais menés avec ordre et méthode doivent leur donner cette impression.

EFFET DE CONTRASTE

La présentation d'un échantillon de bonne qualité juste avant un échantillon de qualité médiocre incite l'expert à accorder au deuxième échantillon une note inférieure à celle qu'il aurait attribuée à un échantillon isolé. De même, lorsqu'un échantillon de bonne qualité succède à un échantillon de qualité médiocre, il obtient une note plus élevée que celle prévue. Ce phénomène est appelé effet de contraste. Afin de neutraliser cet effet, il convient de présenter les échantillons à chaque expert, dans un ordre déterminé par le hasard.

ERREUR DUE À LA POSITION

Dans certains essais, particulièrement l'essai triangulaire, la position des échantillons peut être à l'origine d'erreur. Lorsque les différences à découvrir sont très minimes, les experts ont tendance à choisir l'échantillon du milieu. On peut éliminer ce phénomène en présentant, aux experts, les échantillons au hasard.

MÉTHODES D'APPRÉCIATION SENSORIELLE

Plusieurs méthodes différentes d'appréciation sensorielle ont été mises au point. Le directeur des expériences doit connaître parfaitement les avantages et les inconvénients de chaque méthode afin d'adopter pour chaque cas la méthode la plus pratique et la plus efficace, car aucune d'entre elles n'est universelle. Le directeur des expériences doit définir avec précision le but de l'essai et les renseignements qu'il désire obtenir.

Il existe trois types fondamentaux d'essais sensoriels: les essais de préférence et d'acceptation, les essais de différence et les essais descriptifs. Les essais de préférence et d'acceptation s'appuient sur le degré de préférence ou sur une mesure permettant de déterminer la

préférence relative. La réaction de l'expert est dictée par son attirance personnelle envers le produit. Les essais de différence permettent de séparer des échantillons qui ne sont pas semblables. Dans sa réponse, l'expert ne tient pas compte de ses goûts individuels. Les comités de laboratoire peuvent servir à déceler une différence entre des échantillons. Les essais descriptifs visent à déterminer la nature et l'intensité des différences.

Plusieurs méthodes expérimentales, couramment utilisées, sont décrites dans la présente publication et illustrées de modèles de questionnaires, d'analyses statistiques et d'exemples d'application.

ESSAIS DE DIFFÉRENCE

Les essais visant à déceler une différence entre des échantillons sont l'essai triangulaire, l'essai de comparaisons par paires simples, l'essai de comparaisons par paires de Scheffé, l'essai duo-trio, l'essai de comparaisons multiples, la méthode des rangs, la méthode de notation et l'échelle rationnelle. Des exemples de ces essais et des modèles de questionnaires vont être présentés.

Essai triangulaire

On présente à un expert trois échantillons codés. Sachant que deux échantillons sont identiques, il doit indiquer celui qui est différent. Cette méthode est très utile pour le contrôle de la qualité car elle permet de s'assurer que les échantillons de lots différents possèdent les mêmes caractéristiques. On l'utilise aussi pour déterminer si la substitution d'un ingrédient ou quelque changement dans le procédé de fabrication modifie le goût du produit de façon sensible. On utilise souvent l'essai triangulaire pour sélectionner les experts.

L'analyse des résultats des essais triangulaires tient compte de la probabilité selon laquelle l'échantillon modifié sera choisi une fois sur trois, si la différence n'est pas sensible.

Les tableaux d'analyse rapide des résultats de l'essai triangulaire, préparés par Roessler et al. (1948), sont reproduits à la page 63. Le pourcentage des réponses correctes nécessaire pour que l'essai soit significatif est inversement proportionnel au nombre de jugements. C'est pourquoi, lorsque le comité d'experts est restreint, l'essai triangulaire doit être repris plusieurs fois afin d'obtenir un plus grand nombre de jugements.

Les résultats de l'essai triangulaire servent à déterminer s'il existe des différences sensibles entre deux échantillons. Les seuils de signification plus élevés ne révèlent pas que la différence est plus grande, mais que la probabilité de soupçonner une différence qui n'existe pas est plus faible.

Un modèle de questionnaire et un exemple d'essai triangulaire sont présentés dans les pages suivantes.

QUESTIONNAIRE POUR UN ESSAI TRIANGULAIRE

NOM _____ DATE _____

PRODUIT _____

Parmi ces trois échantillons, deux sont identiques, le troisième est différent.

1. Goûter les échantillons dans l'ordre indiqué et signaler celui qui est différent.

Code	Indiquer l'échantillon différent
314	_____
628	_____
542	_____

2. Indiquer le degré de différence entre les échantillons identiques et celui qui diffère.

   Légère _____
   Modérée _____
   Sensible _____
   Extrême _____

3. Acceptabilité:

   L'échantillon différent est plus acceptable. _____
   Les échantillons semblables sont plus acceptables. _____

4. Commentaires:

EXEMPLE. Pour déterminer s'il existait une différence entre des miettes de poisson et de pommes de terre traitées de deux façons différentes, on a utilisé la méthode de l'essai triangulaire.

Les échantillons reconstitués ont été présentés à 12 juges, dans des plats numérotés. Chacun a reçu trois échantillons numérotés: six d'entre eux ont reçu deux échantillons du type A et un du type B, tandis que les autres ont reçus un échantillon du type A et deux du type B. Étant donné la présentation équilibrée, il était nécessaire d'assigner deux numéros de code à chaque type de traitement.

Traitement	Code	Nombre d'échantillons nécessaires
A	314	6
	542	12
B	628	12
	149	6

Les trois échantillons ont été présentés au hasard à chaque juge et l'ordre de dégustation a été signalé par les numéros de code, dans l'ordre approprié, sur la feuille des résultats.

L'échantillon différent a été repéré correctement par neuf juges. D'après le tableau statistique 1 de l'annexe (page 63), neuf jugements corrects émanant de 12 experts, dans le cas d'un essai triangulaire, sont significatifs au seuil de 1%. On peut donc conclure, qu'il y avait une différence entre les échantillons. Si le nombre de jugements corrects avait été inférieur à 8, il aurait fallu conclure qu'il n'existait pas de différence appréciable entre les échantillons.

Le degré de différence indiqué par les neuf experts qui avaient choisi correctement l'échantillon différent s'établissait comme suit:

	Nombre de juges	Valeur
Légère	3	X (1) = 3
Modérée	3	X (2) = 6
Sensible	2	X (3) = 6
Extrême	1	X (4) = 4
Total		19
Moyenne		2,1

La différence moyenne était de 2,1 (modérée).

La partie suivante de l'essai triangulaire consistait à choisir l'échantillon le plus acceptable. Sur les neuf juges qui avaient identifié correctement l'échantillon différent, six ont déclaré que les échantillons du type A étaient les plus acceptables. D'après le tableau statistique 2, dans le cas d'un essai à deux échantillons (il n'y avait en effet que deux choix possibles), ce nombre est inférieur au chiffre significatif au seuil de 5%. Cependant, on ne peut attribuer aux résultats de cette deuxième question la même importance qu'à ceux de la première. Ayant établi qu'il y a une différence, il faut ensuite faire un essai pour déterminer l'échantillon supérieur.

Essai de comparaisons par paires simples

Cette méthode, ayant des applications semblables à celles de l'essai triangulaire, consiste à comparer une certaine caractéristique comme la proportion de sucre dans une paire d'échantillons numérotés. Cette méthode qui nécessite moins d'échantillons et moins de dégustations n'est pas aussi efficace sur le plan statistique. La probabilité qu'un expert choisisse un échantillon au hasard est de 50%. Roessler et al. (1956) ont publié des tableaux pour l'analyse rapide des résultats des essais de comparaisons par paires. Deux de ces tableaux sont reproduits dans la présente publication. Le premier est utilisé pour les essais d'orientation, ou essais de première phase, lorsqu'une seule réponse est correcte. Le deuxième tableau est utilisé pour les essais de préférence, ou essais de deuxième phase, lorsque les deux possibilités de réponse sont correctes. Les essais de comparaisons par paires déterminent s'il existe ou non une différence appréciable entre deux échantillons, mais n'indiquent pas l'ampleur de cette différence.

Voici un modèle de questionnaire de l'essai de comparaisons par paires simples.

QUESTIONNAIRE DE L'ESSAI
DE COMPARAISONS PAR PAIRES SIMPLES

NOM _____ DATE _____

PRODUIT _____

Examiner le caractère sucré de ces deux échantillons de pêches en conserve. Commencer par l'échantillon de gauche et indiquer lequel est le plus sucré.

581	716
___	___

Commentaires:

EXEMPLE. On a utilisé un essai de comparaisons par paires pour déterminer s'il y avait une différence entre des pêches conservées dans du saccharose liquide à 45° Brix et des pêches conservées dans du sirop de sucre inverti à 52%, à 45° Brix.

On a présenté à 20 juges, dans des plats numérotés, des échantillons de chaque type de pêches. La moitié d'entre eux devaient commencer par le premier échantillon, les autres par le deuxième. L'échantillon de pêches conservé dans du sirop de sucre inverti à 52% a été déclaré plus sucré par 12 juges. D'après le tableau statistique 2 de l'annexe (page 64), dans le cas d'un essai de différence entre deux échantillons, l'un d'eux doit être choisi 15 fois sur 20 pour que la différence soit significative, au seuil de 5%. Il faut donc en conclure qu'il n'y avait pas de différence appréciable entre les deux échantillons.

Essai de comparaisons par paires multiples

Lorsque plus de deux échantillons doivent être examinés, il convient de les comparer les uns aux autres, unité par unité. Le nombre de paires est déterminé par la formule: $\frac{1}{2} n (n - 1)$, dans laquelle n correspond au nombre d'échantillons ou de traitements. Cet exercice est appelé essai de comparaisons par paires multiples.

Les tableaux statistiques utilisés pour les comparaisons par paires simples ne peuvent servir à l'analyse des résultats des comparaisons par paires multiples. Des programmes d'informatique, basés sur le modèle de Bradley-Terry (1952), ont été mis au point au ministère de l'Agriculture du Canada (Dietrich, 1968). Ces programmes fournissent des estimations de vraisemblance maxima présentant les renseignements nécessaires à la réalisation du test de Tukey sur le logarithme $_e$ des évaluations.

La somme des estimations de vraisemblance maxima des traitements est toujours égale à 1,00. Leur valeur indique la classification des traitements les uns par rapport aux autres, mais ne fournit aucun indice quant à la qualité des produits.

Essai de comparaisons par paires de Scheffé

Scheffé (1952) a modifié l'essai de comparaisons par paires de façon à demander aux experts d'indiquer l'ampleur de la différence détectée.

L'analyse de variance permet d'étudier les résultats. On calcule la valeur moyenne (paramètre) de chaque traitement. Les valeurs des paramètres sont relatives et leur somme doit être égale à 0.

Voici un exemple de questionnaire et d'analyse des résultats.

QUESTIONNAIRE DE
L'ESSAI DE COMPARAISONS PAR PAIRES DE SCHEFFÉ

NOM _____ DATE _____

Examiner la jutosité de ces deux échantillons de poulet rôti.

1. Signaler la différence de jutosité entre les deux échantillons présentés en cochant l'une des appréciations suivantes:

846 est nettement plus juteux que	165	___
846 est beaucoup plus juteux que	165	___
846 est légèrement plus juteux que	165	___
aucune différence		
165 est légèrement plus juteux que	846	___
165 est beaucoup plus juteux que	846	___
165 est nettement plus juteux que	846	___

2. Indiquer le degré de jutosité de chaque échantillon.

846	165
___ très sec	___ très sec
___ moyennement sec	___ moyennement sec
___ légèrement sec	___ légèrement sec
___ légèrement juteux	___ légèrement juteux
___ moyennement juteux	___ moyennement juteux
___ très juteux	___ très juteux

Commentaires:

EXEMPLE. On a utilisé l'essai de comparaisons par paires de Scheffé pour étudier les conséquences de quatre températures de cuisson différentes sur la jutosité de poulets rôtis.

On s'est livré au total à six comparaisons, puisque les quatre échantillons ont été comparés les uns aux autres individuellement. Chaque paire a été présentée à six juges pour être évaluée conformément au questionnaire. La conception de l'expérience exige que la moitié des juges commence par le premier échantillon et l'autre moitié, par le second. Chaque juge a reçu les six paires d'échantillons, dans un ordre déterminé par le hasard.

Les six appréciations possibles de la comparaison par paires ont reçu les valeurs numériques suivantes: +3, +2, +1, 0, −1, −2, −3.

Les échantillons A et B ont reçu respectivement les numéros 846 et 165. La feuille de notation des trois experts qui ont d'abord goûté l'échantillon 846 a été rédigée comme suit:

846 est nettement plus juteux que 165 (+3)
846 est beaucoup plus juteux que 165 (+2)
846 est légèrement plus juteux que 165 (+1)
aucune différence (0)
165 est légèrement plus juteux que 846 (−1)
165 est beaucoup plus juteux que 846 (−2)
165 est nettement plus juteux que 846 (−3)

Les notes correspondant aux jugements des dégustateurs sont indiquées à droite.

Les trois autres experts qui ont d'abord goûté les échantillons 165 ont reçu une feuille de notation rédigée de la façon suivante:

165 est nettement plus juteux que 846 (+3)
165 est beaucoup plus juteux que 846 (+2)
165 est légèrement plus juteux que 846 (+1)
aucune différence (0)
846 est légèrement plus juteux que 165 (−1)
846 est beaucoup plus juteux que 165 (−2)
846 est nettement plus juteux que 165 (−3)

Les valeurs correspondantes sont indiquées à droite.

Le tableau suivant indique les notes octroyées à chaque paire par les juges. Il tient compte de l'ordre de présentation des deux échantillons de chaque paire.

Ordre de présentation	−3	−2	−1	0	1	2	3	Note totale	Moyenne	Préférence moyenne
A—B		1	2					−4	−1.33	−1.83
B—A						2	1	7	2.33	
A—C			2		1			−1	−0.33	−0.83
C—A				1		2		4	1.33	
A—D					3			3	1.00	0.17
D—A			1		1	1		2	0.67	
B—C					2	1		4	1.33	1.67
C—B	1	1	1					−6	−2.00	
B—D				1		2		4	1.33	0.83
D—B			1	2				−1	−0.33	
C—D		1		1	1			−1	−0.33	0.34
D—C		2			1			−3	−1.00	
Total	1	5	7	5	9	8	1			

On obtient la note totale de chaque rangée en multipliant chaque valeur par sa fréquence et en ajoutant les nombres ainsi obtenus.

La moyenne de chaque rangée = note totale/nombre de juges
$= -4/3$
$= -1,33$

La préférence moyenne = ½ X note moyenne de A par rapport à B des trois premiers juges (−1,33) plus la note moyenne de A par rapport à B des trois autres juges (−2,33). La valeur 2,33 est la note moyenne de B par rapport à A des trois derniers juges. Pour obtenir la note moyenne de A par rapport à B, il suffit d'inverser la note octroyée par le deuxième groupe de juges pour B par rapport à A (−2,33).

$= ½ (-1,33 - 2,33)$
$= ½ (-3,66)$
$= -1,83$

Les données du tableau ont servi à une analyse de variance d'après la méthode de Scheffé (1952).

Les principaux effets de traitements ($\hat{\alpha}$) ont été calculés en établissant la moyenne des préférences moyennes de chaque échantillon par rapport à chacun des autres.

$\hat{\alpha}_A$ = (préférence moyenne de A par rapport à B + préférence moyenne de A par rapport à C + préférence moyenne de A par rapport à D)/nombre de traitements

$\hat{\alpha}_A = |-183 + (-0,83) + 0,17|/4$
$= -2,49/4$
$= -0,6225$

$\hat{\alpha}_B = (1,83 + 1,67 + 0,83)/4$
$= 4,33/4$
$= 1,0825$

$\hat{\alpha}_C = |0,83 + (-1,67) + 0,34|/4$
$= -0,50/4$
$= -0,1250$

$\hat{\alpha}_D = |-0,17 + (-0,83) + (-0,34|/4$
$= -1,34/4$
$= -0,3350$

La somme des effets principaux des quatre traitements devrait être égale à 0.

$\hat{\alpha}_A + \hat{\alpha}_B + \hat{\alpha}_C + \hat{\alpha}_D = -0,6225 + 1,0825 - 0,1250 - 0,3350$
$= 1,0825 - 1,0825$
$= 0$

L'effet relatif à l'ordre ($\hat{\delta}$) a été calculé en faisant le total de la note moyenne de chaque combinaison de paires et en divisant ce total par le nombre de paires classées par ordre (12).

L'effet relatif à l'ordre ($\hat{\delta}$)

$= (-1{,}33 + 2{,}33 - 0{,}33 + 1{,}33$
$+ 1{,}00 + 0{,}67 + 1{,}33 - 2{,}00$
$+ 1{,}33 - 0{,}33 - 0{,}33 - 1{,}00)/12$
$= 2{,}67/12$
$= 0{,}22$

REMARQUE: LE LECTEUR PEUT SE FAMILIARISER AVEC LA MÉTHODE D'ANALYSE DE VARIANCE EN LISANT LA DESCRIPTION COMPLÈTE FOURNIE À LA PAGE 33, DANS LE CADRE DE L'ESSAI DE COMPARAISONS MULTIPLES.

Tableau d'analyse de variance

Source de variation	*dl*	*sc*	*cm*	*F*
Effets principaux	3	40,49	13,50	9,85
Effet relatif à l'ordre	1	1,74	1,74	1,27
Erreur	32	43,77	1,37	
Total	36	86,00		

dl ___ degrés de liberté
sc ___ somme des carrés
cm ___ carré moyen
F ___ rapport de variances

La somme des carrés pour les effets principaux
= nombre d'experts × nombre de traitements × somme des carrés des effets principaux de chaque traitement
$= 6 \times 4 \times |(-0{,}6225)^2$
$+ 1{,}0825^2 + (-0{,}1250)^2 + (-0{,}3350)^2|$
$= 24 \times 1{,}6871$
$= 40{,}49$

La somme des carrés pour l'effet relatif à l'ordre
= nombre d'experts × nombre de paires × carré de l'effet relatif à l'ordre ($\hat{\delta}$)
$= 6 \times 6 \times 0{,}22^2$
$= 1{,}74$

La somme totale des carrés
= somme des carrés de chaque valeur (d'après la fréquence de chaque note)
$= 3^2(2) + 2^2(13) + 1^2(16) + 0^2(5)$
$= 86{,}00$

D'après le tableau statistique 3 de l'annexe (page 65), le rapport *F* est significatif pour les effets principaux, mais ne l'est pas pour l'effet relatif à l'ordre. On utilise le test de Tukey pour déterminer quels traitements sont différents.

On calcule l'erreur-type de la moyenne de la façon suivante:

$ET = \sqrt{cm}$ pour l'erreur/nombre de jugements portés sur chaque échantillon

$= \sqrt{1,37/18}$

$= \sqrt{0,076111}$

$= 0,2759$

Pour quatre échantillons et 32 degrés de liberté, la valeur fournie au tableau 4 de la page 67 est 3,83.

La différence la moins significative $= 3,83 \times 0,2759$

$= 1,0567$

Préférences moyennes:

$\hat{\alpha}_A$	$\hat{\alpha}_B$	$\hat{\alpha}_C$	$\hat{\alpha}_D$
−0,6225	1,0825	−0,1250	−0,3350

Par ordre de grandeur:

$\hat{\alpha}_B$	$\hat{\alpha}_C$	$\hat{\alpha}_D$	$\hat{\alpha}_A$
1,0825	−0,1250	−0,3350	−0,6225

Pour déterminer les échantillons nettement plus juteux, soustraire les principaux effets de traitements les uns des autres. Comparer les résultats obtenus avec la différence la moins significative.

$\hat{\alpha}_B - \hat{\alpha}_A = 1,0825 + 0,6225 = 1,7050 > 1,0567$

$\hat{\alpha}_B - \hat{\alpha}_D = 1,0825 + 0,3350 = 1,4175 > 1,0567$

$\hat{\alpha}_B - \hat{\alpha}_C = 1,0825 + 0,1250 = 1,2075 > 1,0567$

$\hat{\alpha}_C - \hat{\alpha}_A = 0,1250 + 0,6225 = 0,4975 < 1,0567$

$\hat{\alpha}_B$	$\hat{\alpha}_C$	$\hat{\alpha}_D$	$\hat{\alpha}_A$
1,0825*a*	−0,1250*b*	−0,3350*b*	−0,6225*b*

Les traitements qui ne sont pas suivis de la même lettre sont différents au seuil de signification de 5%. On peut en conclure que le traitement B a fourni un produit plus juteux que les trois autres traitements.

Cette conclusion n'implique pas nécessairement que les autres échantillons soient secs. Les comparaisons par paires ne donnent pas une mesure absolue de la qualité, mais seulement une comparaison avec les autres échantillons examinés. Il faut poser une seconde question pour connaître le degré de jutosité des échantillons. On octroie aux appréciations des notes s'élevant de 1 à 6.

On calcule la note moyenne pour chaque traitement, afin d'obtenir un indice de la jutosité du produit.

Essai duo-trio

Dans l'essai duo-trio, on présente au dégusteur trois échantillons dont l'un porte la lettre R (référence) et les deux autres, des numéros de

code. L'un des échantillons portant un numéro de code est identique à R et l'autre est différent. L'expert doit identifier l'échantillon différent.

L'essai duo-trio a les mêmes applications que l'essai triangulaire, mais il est moins efficace car la probabilité de choix, par le hasard seulement, de l'échantillon correct est de 50%. On utilise souvent cet essai à la place de l'essai triangulaire pour les échantillons à saveur prononcée, car il exige un moins grand nombre de dégustations.

On peut l'utiliser à la place de l'essai de comparaisons par paires, si aucune caractéristique n'est précisée. Dans un essai de comparaisons par paires simples, l'expert doit signaler l'échantillon qui possède la plus grande proportion d'une certaine caractéristique, tandis que dans l'essai duo-trio et l'essai triangulaire, il fonde sa décision sur toutes les différences qu'il peut déceler.

QUESTIONNAIRE DE
L'ESSAI DUO-TRIO

NOM _____ DATE _____

PRODUIT _____

Vous trouverez sur votre plateau, un échantillon de vérification marqué (R) et deux échantillons numérotés dont l'un est identique à R et l'autre différent. Lequel des échantillons numérotés diffère de R?

Échantillons	Indiquer l'échantillon différent
432	_____
701	_____

Commentaires:

EXEMPLE: On s'est servi d'un essai duo-trio pour déterminer s'il était possible de déceler la présence de méthionine ajoutée au fromage cheddar dans des proportions de 0,125 ppm et de 0,250 ppm. Sur chaque plateau se trouvait un échantillon de vérification marqué R et deux échantillons numérotés, dont un seulement contenait un supplément de méthionine. On a utilisé l'essai duo-trio plutôt que l'essai triangulaire, parce que le premier exige moins d'essais avant de se faire une opinion. Ceci est important lorsque l'on goûte une substance qui laisse un arrière-goût tenace, la méthonine par exemple.

Huit juges ont effectué les essais, deux jours de suite. Chaque jour, on leur a présenté deux plateaux. L'un contenait un échantillon auquel on

avait ajouté 0,125 ppm de méthionine et deux échantillons de vérification, tandis que l'autre contenait un échantillon auquel on avait ajouté 0,250 ppm de cette même substance et deux échantillons de vérification. On a obtenu 16 jugements à chaque niveau. Le tableau suivant présente les résultats de l'expérience.

Essai duo-trio sur du fromage cheddar contenant 0,125 et 0,250 ppm de méthionine

Juges	Niveau de méthionine ajoutée, ppm			
	1er jour		2e jour	
	0,125	0,250	0,125	0,250
1	X	C	C	C
2	C	C	C	C
3	X	C	X	C
4	C	X	X	C
5	C	C	C	C
6	X	C	X	X
7	C	C	C	C
8	C	C	C	C
Total	5	7	5	7

X = Incorrect
C = Correct

0,125 ppm = 10 réponses correctes sur 16
0,250 ppm = 14 réponses correctes sur 16

Consulter le tableau statistique 2 de l'annexe (page 64), en ce qui concerne le cas de 16 experts dans des essais à deux échantillons. On constatera que 14 jugements corrects sont significatifs au seuil de 1%, tandis que 10 ne le sont pas, même au seuil de 5%.

Il faut en conclure que la méthionine ajoutée au fromage cheddar peut être décelée au niveau de 0,250 ppm, tandis qu'elle ne peut pas l'être au niveau de 0,125 ppm.

Essai de comparaisons multiples

Dans les essais de comparaisons multiples, on appelle R un échantillon de référence connu ou un échantillon normal que l'on soumet à l'expert en même temps que plusieurs échantillons portant des numéros de code. L'expert doit étudier certaines caractéristiques données, en comparant chaque échantillon numéroté avec l'échantillon de référence.

La méthode de comparaisons multiples peut servir à étudier les conséquences entraînées par une variété de facteurs: remplacement ou modification d'un ingrédient, matériau d'emballage, modification du traitement, entreposage. Cette méthode permet d'examiner efficacement quatre ou cinq échantillons à la fois. Elle autorise la détection de différences minimes entre l'échantillon modifié et l'échantillon de contrôle. Elle fournit aussi des indications relatives au sens et à l'ampleur de la différence.

QUESTIONNAIRE DE L'ESSAI DE COMPARAISONS MULTIPLES

NOM _____ DATE _____

Vous recevez des échantillons de pêches dont vous devez comparer la fermeté. Nous vous soumettons également un échantillon de référence, marqué R, auquel vous devez comparer chaque échantillon. Goûter chacun d'eux, et indiquer s'il est plus ferme, comparable ou plus mou que l'échantillon de référence. Noter ensuite l'importance de la différence constatée.

Échantillon n°	426	591	497	874				
Plus ferme que R								
Comparable à R								
Plus mou que R								
IMPORTANCE DE LA DIFFÉRENCE:								
Aucune								
Légère								
Modérée								
Sensible								
Extrême								

Commentaires:

EXEMPLE. Un essai de comparaisons multiples a été effectué pour comparer la fermeté de quatre types de pêches en conserve. On a choisi, comme échantillon de contrôle, une marque de qualité connue qui a reçu le code R. On a présenté à chacun des neuf juges un plateau contenant un échantillon de référence et quatre échantillons numérotés, parmi lesquels se trouvait aussi un autre échantillon de contrôle. On a demandé aux juges d'apprécier ces échantillons, d'après la feuille de notation présentée ci-dessus.

Le directeur de l'expérience a attribué aux notes des valeurs numériques: "aucune différence" correspondant à 5, "nettement plus ferme que R" correspondant à 9 et "nettement plus mou que R" correspondant à 1. L'analyse de variance a été calculée comme suit.

	Marques				
Juges	A	B	C	D	Total
1	5	4	4	2	15
2	8	3	5	2	18
3	6	4	4	1	15
4	3	3	4	2	12
5	5	2	3	1	11
6	7	2	5	1	15
7	4	3	2	1	10
8	7	4	1	1	13
9	4	3	2	2	11
Total	49	28	30	13	120

Analyse de variance

Avant de réaliser l'analyse de variance, il faut exécuter certains calculs permettant de déterminer le facteur de correction (FC), la somme des carrés (*sc*), les degrés de liberté (*dl*), le carré moyen (*cm*), et le rapport de variances (ou valeur de *F*). Nous allons poursuivre avec une explication détaillée de ces calculs, à partir des résultats fournis par le tableau précédent.

Facteur de correction — Le facteur de correction (FC) est le carré du total divisé par le nombre de réponses.

$$FC = (120)^2/(4 \times 9)$$
$$= 14\,400/36$$
$$= 400$$

Somme des carrés, échantillons — La somme des carrés (*sc*) pour les échantillons est la somme des carrés du total pour chaque échantillon, divisée par le nombre de jugements portés sur chaque échantillon, moins le facteur de correction.

$$sc, \text{ échantillons} = (49^2 + 28^2 + 30^2 + 13^2)/9 - FC$$
$$= 4254/9 - 400$$
$$= 472{,}67 - 400$$
$$= 72{,}67$$

Somme des carrés, juges — La somme des carrés (*sc*) pour les juges est la somme des carrés du total pour chaque juge, divisée par le nombre de jugements posés par chaque juge,

moins le facteur de correction.

$$sc, \text{ juges} = (15^2 + 18^2 + 15^2 + 12^2 + 11^2 + 15^2 + 10^2 + 13^2 + 11^2)/4 - FC$$
$$= 1654/4 - 400$$
$$= 413{,}5 - 400$$
$$= 13{,}5$$

Somme des carrés, total — La somme des carrés (*sc*) pour le total est la somme du carré de chaque jugement, moins le facteur de correction.

$$sc, \text{ total} = (5^2 + 8^2 + 6^2 + 3^2 + 5^2 + 7^2 + 4^2 + 7^2 + 4^2 + 4^2 + 3^2 + 4^2 + 3^2 + 2^2 + 2^2 + 3^2 + 4^2 + 3^2 + 4^2 + 5^2 + 4^2 + 4^2 + 3^2 + 5^2 + 2^2 + 1^2 + 2^2 + 2^2 + 2^2 + 1^2 + 2^2 + 1^2 + 1^2 + 1^2 + 2^2) - FC$$
$$= 518 - 400$$
$$= 118$$

Somme des carrés, erreur — Pour déterminer la somme des carrés (*sc*) pour l'erreur, il faut soustraire les valeurs obtenues des sources de variation (juges, échantillons) de la somme des carrés pour le total.

$$sc, \text{ erreur} = 118 - 72{,}67 - 13{,}50$$
$$= 31{,}83$$

Degrés de liberté, échantillons — Les degrés de liberté (*dl*) relatifs aux échantillons correspondent au nombre d'échantillons moins un.

$$dl, \text{ échantillons} = 4 - 1$$
$$= 3$$

Degrés de liberté, juges — Les degrés de liberté (*dl*) relatifs aux juges correspondent au nombre de juges moins un.

$$dl, \text{ juges} = 9 - 1$$
$$= 8$$

Degrés de liberté, total — Les degrés de liberté (*dl*) relatifs au total correspondent au nombre de jugements moins un.

$$dl, \text{ total} = 36 - 1$$
$$= 35$$

Degrés de liberté, erreur — Les degrés de liberté (*dl*) relatifs à l'erreur s'obtiennent en soustrayant

les degrés de liberté des autres variables des degrés de liberté relatifs au total.

dl, erreur = 35 − 8 − 3
= 24

Carré moyen — On détermine le carré moyen (*cm*) de n'importe quelle variable en divisant la somme des carrés (*sc*) de chaque variable par leurs degrés de liberté respectifs (*dl*).

cm, échantillons = 72,67/3
= 24,22

cm, juges = 13,5/8
= 1,69

cm, erreur = 31,83/24
= 1,33

Rapport de variances, échantillons — On détermine le rapport de variances, ou la valeur de *F* pour les échantillons, en divisant le *cm* des échantillons par le *cm* de l'erreur.

F, échantillons = 24,22/1,33
= 18,21

Rapport de variances, juges — On détermine la valeur de *F* pour les juges en divisant le *cm* des experts par le *cm* de l'erreur.

F, juges = 1,69/1,33
= 1,27

Tableau d'analyse de variance

Source de variation	*dl*	*sc*	*cm*	*F*
Échantillons	3	72,67	24,22	18,21**
Juges	8	13,50	1,69	1,27
Erreur	24	31,83	1,33	
Total	35	118,00		

Pour déterminer si la différence entre les échantillons est significative, il faut vérifier la valeur calculée de *F* (18,21) au tableau 3 de l'annexe (pages 65 et 66). Comme il y a 3 degrés de liberté au numérateur et 24 degrés de liberté au dénominateur, le rapport de variances (valeur *F*) doit être supérieur à 3,01 pour être significatif au seuil de 5% (*), et il doit être supérieur à 4,72 pour être significatif au seuil de 1% (**). Par conséquent, la valeur de 18,21 est significative au seuil de 1% (**). Si le rapport de variances n'est pas significatif, il faut conclure que les échantillons ne présentent aucune différence de fermeté.

Puisqu'il y a une différence significative entre les échantillons, on peut déterminer ceux qui sont différents à l'aide du test de Tukey (Snedecor, 1956).

Notes des échantillons:	A	B	C	D
	49	28	30	13

Moyenne des échantillons: note/nombre de jugements pour chaque échantillon

49/9	28/9	30/9	13/9
5,44	3,11	3,33	1,44

Il faut disposer les moyennes des échantillons d'après leur importance.

A	C	B	D
5,44	3,33	3,11	1,44

L'erreur-type (ET) de la moyenne de l'échantillon est la racine carrée du *cm* de l'erreur, divisée par le nombre de jugements pour chaque échantillon.

$ET = \sqrt{(1,33/9)}$
$= \sqrt{0,1478}$
$= 0,38$

On détermine la différence la moins significative à l'aide du tableau 4 de l'annexe (page 67). Dans le cas présent, avec quatre traitements et 24 *dl* pour l'erreur, la valeur obtenue est 3,90. On calcule la différence la moins significative en multipliant la valeur indiquée dans le tableau par l'erreur-type de la moyenne.

Différence la moins significative $= 3,90 \times 0,38$
$= 1,48$

Deux échantillons qui diffèrent de plus de 1,48 l'un de l'autre présentent une différence significative au seuil de 5%.

On calcule les différences entre les moyennes des échantillons en comparant l'échantillon, à la moyenne la plus élevée, avec chacun des autres échantillons, en commençant par celui qui possède la moyenne la plus basse, et ainsi de suite jusqu'à ce qu'aucune différence significative n'apparaisse.

A	C	B	D
5,44	3,33	3,11	1,44

$A - D = 5,44 - 1,44 = 4,00 > 1,48$
$A - B = 5,44 - 3,11 = 2,33 > 1,48$
$A - C = 5,44 - 3,33 = 2,11 > 1,48$

A est nettement plus ferme que les trois autres échantillons.

Cherchons ensuite les échantillons différents de l'échantillon C:

$C - D = 3{,}33 - 1{,}44 = 1{,}89 > 1{,}48$

$C - B = 3{,}33 - 3{,}11 = 0{,}22 < 1{,}48$

C est nettement plus ferme que D. Enfin, examinons si B est différent de D:

$B - D = 3{,}11 - 1{,}44 = 1{,}67 > 1{,}48$

B est nettement plus ferme que D.

On peut exprimer ces résultats en utilisant des lettres pour indiquer les différences:

A	C	B	D
5,44*a*	3,33*b*	3,11*b*	1,44*c*

Au seuil de 5%, les moyennes qui ne sont pas suivies de la même lettre présentent une différence significative. On peut en conclure que les pêches de type A sont plus fermes que les pêches de types B, C et D. Les pêches de types B et C sont plus fermes que celles de type D.

Méthode des rangs

L'expert reçoit trois échantillons numérotés ou davantage et doit les classer par rang, d'après l'intensité d'une caractéristique précise. Afin de déterminer les différences significatives, on peut analyser les résultats de la méthode des rangs à l'aide des tableaux préparés par Kramer et al. (1974).

Avant l'existence de ces tableaux, on pouvait convertir les rangs en notes grâce au tableau XX de Fisher et Yates (1942).

La méthode des rangs est rapide et permet l'examen de plusieurs échantillons à la fois. On utilise généralement cette méthode pour déceler les meilleurs échantillons d'un groupe, plutôt que pour en examiner toutes les unités. La méthode des rangs ne fournit aucun indice relatif à l'ampleur des différences entre les échantillons. Ces derniers étant examinés les uns par rapport aux autres, on ne peut comparer les résultats de deux expériences, à moins qu'elles ne portent sur le même groupe d'échantillons.

Ci-dessous se trouvent un exemple d'application de la méthode des rangs et un modèle de questionnaire.

QUESTIONNAIRE POUR LA
MÉTHODE DES RANGS

NOM _____ DATE _____

Classer les échantillons par rang. L'échantillon le plus sucré doit être classé le premier et les autres, deuxième, troisième et dernier, selon leur proportion de sucre respective. Indiquer le numéro de code sur la ligne appropriée. Examiner les échantillons dans l'ordre suivant: 212 336 471 649

1	2	3	4

Commentaires:

EXEMPLE. Un essai effectué à l'aide de la méthode des rangs a servi à comparer le caractère sucré d'une boisson à base de fruits pour laquelle on avait utilisé quatre agents sucrants différents. Les huit juges, qui devaient classer les quatre boissons d'après la feuille de notation ci-dessus, ont fourni les classements suivants:

	Échantillons			
Juges	A	B	C	D
1	4	2	1	3
2	4	3	1	2
3	3	1	2	4
4	3	2	1	4
5	4	1	2	3
6	4	3	1	2
7	4	2	1	3
8	4	1	2	3
Total	30	15	11	24

On peut analyser les résultats à l'aide de deux méthodes différentes.

Méthode I

On compare les totaux des rangs aux valeurs du tableau 5 de l'annexe (page 68). Dans le cas de quatre traitements et de huit juges (réponses), le tableau indique 13-27: la somme de rangs non significative la plus élevée est de 27. Si une ou plusieurs sommes de rangs s'avèrent inférieures au nombre indiqué en haut et à gauche dans la case (13) ou supérieures au nombre indiqué en haut et à droite dans cette même case (27), la différence est significative au seuil de 5%. On peut en conclure que la différence entre les traitements est significative, puisqu'une somme de rangs (11) est inférieure à 13 et qu'une autre (30) est supérieure à 27.

Il faut comparer à présent toutes les sommes de rangs aux deux nombres indiqués dans la partie inférieure de la case pour déterminer les échantillons dont l'indice est assez bas (plus sucré) ou assez élevé (moins sucré) pour être jugés différents de façon significative. L'échantillon C dont la somme des rangs s'élève à 11 est, de façon significative, plus sucré que l'échantillon A dont la somme atteint 30.

On peut en conclure que l'échantillon C est plus sucré que l'échantillon A.

Méthode II

On convertit les rangs en notes, d'après la méthode de Fisher et Yates (1942), conformément au tableau 6 de la page 70. On attribue à l'échantillon qui s'est classé premier, la valeur de +1,03; la valeur de +0,30 au deuxième échantillon; la valeur de −0,30 au troisième échantillon; et la valeur de −1,03 au quatrième échantillon. Dans le cas d'un nombre impair d'échantillons, celui qui se trouve au milieu reçoit la valeur de 0. S'il y avait cinq rangs, les valeurs s'établiraient de la façon suivante:

premier = 1,16
deuxième = 0,50
troisième = 0
quatrième = −0,50
cinquième = −1,16

On convertit en notes les rangs indiqués à la page 39, pour construire le tableau suivant:

	Échantillons				
Juges	A	B	C	D	Total
1	−1,03	+0,30	+1,03	−0,30	0
2	−1,03	−0,30	+1,03	+0,30	0
3	−0,30	+1,03	+0,30	−1,03	0
4	−0,30	+0,30	+1,03	−1,03	0
5	−1,03	+1,03	+0,30	−0,30	0
6	−1,03	−0,30	+1,03	+0,30	0
7	−1,03	+0,30	+1,03	−0,30	0
8	−1,03	+1,03	+0,30	−0,30	0
Total	−6,78	+3,39	+6,05	−2,66	0
Moyenne	−0,85	+0,42	+0,76	−0,33	

On peut ensuite étudier les notes d'après l'analyse de variance.

REMARQUE: LE LECTEUR PEUT SE FAMILIARISER AVEC LA MÉTHODE D'ANALYSE DE VARIANCE EN LISANT LA DESCRIPTION COMPLÈTE FOURNIE À LA PAGE 32, DANS LE CADRE DE L'ESSAI DE COMPARAISONS MULTIPLES.

Analyse de variance

Facteur de correction = Total²/nombre de réponses

$FC = 0^2/32$

$= 0$

Somme des carrés, échantillons = (Somme des carrés du total de chaque échantillon/nombre de jugements portés sur chaque échantillon) − FC

$= |(-6{,}78)^2 + (3{,}39)^2 + (16{,}05)^2 + (-2{,}66)^2|/8 - FC$

$= (45{,}97 + 11{,}49 + 36{,}60 + 7{,}07)/8 - FC$

$= 101{,}14/8 - 0$

$= 12{,}64$

Somme des carrés, juges = (Somme du carré du total de chaque juge/nombre de jugements posés par chaque juge) − FC

$= 0^2/4 - 0$

$= 0$

Somme des carrés, total = Somme des carrés de chaque jugement − FC

$= (-1{,}03)^2 + (-1{,}03)^2 + \ldots + (-0{,}30)^2 - FC$

$= 18{,}41 - 0$

$= 18{,}41$

Tableau d'analyse de variance

Source de variation	*dl*	*sc*	*cm*	*F*
Échantillons	3	12,64	4,21	15,59**
Juges	7	0	0	0
Erreur	21	5,77	0,27	
Total	31	18,41		

Avec 3 degrés de liberté au numérateur et 21 degrés de liberté au dénominateur, le rapport de variances (valeur de *F*) doit être supérieur à 3,07 (tableau 3, page 65) pour être significatif au seuil de 5% (*) et il doit être supérieur à 4,87 pour être significatif au seuil de 1% (**). Dans le cas présent, la valeur de *F* étant de 15,59, la différence est significative au seuil de 1% (**).

On applique le test de Tukey pour déterminer les échantillons qui sont différents de façon significative.

Notes des échantillons:	A	B	C	D
	−6,78	+3,39	+6,05	−2,66
Moyennes des échantillons:	−0,85	+0,42	+0,76	−0,33

Il faut disposer les moyennes des échantillons d'après leur importance.

C	B	D	A
+0,76	+0,42	−0,33	−0,85

On calcule l'erreur-type de la moyenne de l'échantillon.

ET = $\sqrt{(cm \text{ de l'erreur/nombre de jugements portés sur chaque échantillon})}$
= $\sqrt{0,27/8}$
= $\sqrt{0,03375}$
= 0,18

On détermine la différence la moins significative à l'aide du tableau 4 de l'annexe (page 67). Dans le cas présent, avec quatre traitements et 21 *dl* pour l'erreur, la valeur indiquée par le tableau est 3,96. On calcule la différence la moins significative en multipliant 3,96 par l'erreur-type de la moyenne.

La différence la moins significative = 3,96 × 0,18
= 0,71

Tous les échantillons qui diffèrent l'un par rapport à l'autre de 0,71 ou plus sont différents, de façon significative, au seuil de 5%.

On calcule les différences entre les moyennes des échantillons.

C − A = 0,76 + 0,85 = 1,61 > 0,71
C − D = 0,76 + 0,33 = 1,09 > 0,71
C − B = 0,76 − 0,42 = 0,34 < 0,71
B − A = 0,42 + 0,85 = 1,27 > 0,71
B − D = 0,42 + 0,33 = 0,75 > 0,71
D − A = 0,33 + 0,85 = 0,52 < 0,71

On peut exprimer les résultats en utilisant des lettres pour indiquer les différences:

C	B	D	A
+0,76*a*	+0,42*a*	−0,33*b*	−0,85*b*

Deux moyennes qui ne sont pas suivies de la même lettre sont différentes l'une par rapport à l'autre, de façon significative, au seuil de 5%. On peut donc conclure que les échantillons C et B sont plus sucrés que les échantillons D et A.

Les méthodes I et II fournissent des résultats légèrement différents, quoique similaires. L'analyse de variance à l'aide du test de Tukey (méthode II) est plus détaillée et fournit des résultats plus précis. Cependant, comme la méthode des rangs sert généralement à déterminer le meilleur ou le plus mauvais échantillon d'un groupe, les résultats fournis par la première méthode sont probablement suffisants.

Méthode de notation

L'expert évalue l'intensité de certaines caractéristiques dans des échantillons codés (fig. 5). Il inscrit ses réactions sur une échelle graduée

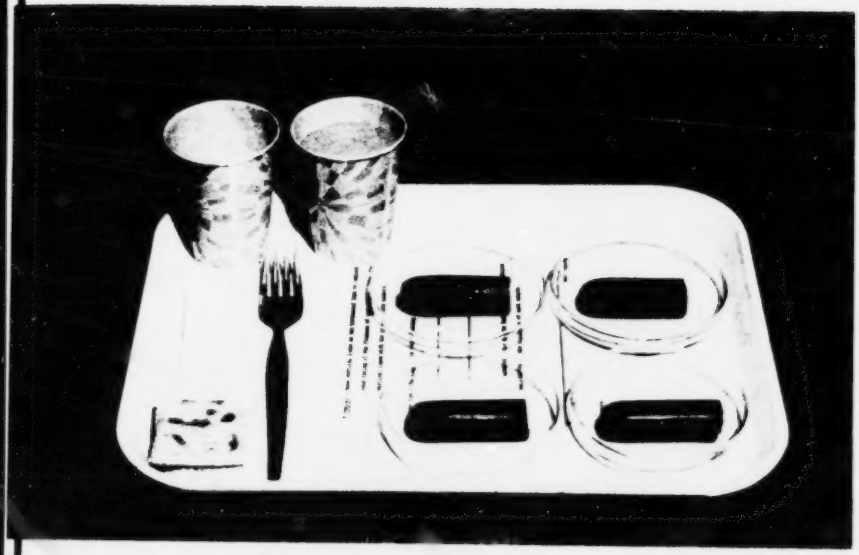


Fig. 5 Plateau préparé pour la méthode de notation

dont les différents paliers sont désignés par des numéros ou par des termes descriptifs.

Les notes indiquent l'ampleur et le sens des différences entre les échantillons, tandis que l'analyse statistique permet de déterminer si les différences sont significatives.

Il convient de choisir soigneusement les termes descriptifs de l'échelle et de les présenter aux experts, pour qu'ils leur accordent la même signification. Il faut choisir des termes objectifs tels que "très dur", plutôt que des termes dénotant une préférence tels que "beaucoup trop dur". Les experts ne représentent pas les consommateurs et leurs préférences ne doivent pas être prises en considération.

Pour que la méthode de notation soit efficace, tous les experts doivent examiner les mêmes caractéristiques. Le problème ne se pose pas lorsqu'on étudie un élément simple, comme le caractère sucré d'un produit. Mais, lors de l'étude d'une caractéristique complexe comme la texture de frites par exemple, il se peut que les experts aient des concepts différents.

L'introduction de normes, à divers paliers de l'échelle, peut réduire l'inconstance du groupe d'experts. Ces normes servent de points de repère en empêchant la tendance qu'ont les échelles à changer de sens avec le temps. Cette déviation du sens des échelles est un inconvénient

majeur lorsqu'on utilise la méthode de notation dans des études à long terme sur la stabilité de produits entreposés.

Un exemple de la méthode de notation est présenté ci-dessous.

QUESTIONNAIRE DE LA MÉTHODE DE NOTATION

NOM _____ DATE _____

Examiner l'amertume des échantillons et en indiquer le degré à l'aide des échelles suivantes.

419	172	386
_____pas amer	_____pas amer	_____pas amer
_____très peu amer	_____très peu amer	_____très peu amer
_____légèrement amer	_____légèrement amer	_____légèrement amer
_____amer	_____amer	_____amer
_____très amer	_____très amer	_____très amer
_____extrêmement amer	_____extrêmement amer	_____extrêmement amer

Commentaires:

EXEMPLE. On a utilisé la méthode de notation pour déceler des différences d'amertume dans des échantillons de fromage cheddar fabriqués à l'aide de trois enzymes différentes pour la coagulation du lait. Des échantillons de fromage de chaque type ont été numérotés et présentés à 12 juges. On a équilibré l'ordre de dégustation de sorte que les trois échantillons ne puissent être présentés deux fois dans le même ordre: ABC, ACB, BAC, BCA, CAB, CBA.

On a donné aux appréciations des juges, des valeurs numériques allant de 0 pour "pas amer" à 5 pour "extrêmement amer". Le tableau suivant présente les résultats obtenus.

Juges	Échantillons			Total
	A	B	C	
1	3	0	1	4
2	2	2	2	6
3	3	1	2	6
4	1	1	0	2
5	3	1	3	7
6	2	1	1	4
7	3	2	2	7
8	2	0	1	3
9	3	1	2	6
10	4	2	3	9
11	1	1	0	2
12	2	2	2	6
Total	29	14	29	62
Moyenne	2,42	1,17	1,58	

Les résultats ont été soumis à une analyse de variance.

REMARQUE: LE LECTEUR PEUT SE FAMILIARISER AVEC LA MÉTHODE D'ANALYSE DE VARIANCE, EN LISANT LA DESCRIPTION COMPLÈTE FOURNIE À LA PAGE 32, DANS LE CADRE DE L'ESSAI DE COMPARAISONS MULTIPLES.

Analyse de variance

Facteur de correction (FC) $= 62^2/36$
$= 106{,}78$

Somme des carrés, échantillons $= (29^2 + 14^2 + 19^2)/12 - FC$
$= 1398/12 - FC$
$= 116{,}50 - 106{,}78$
$= 9{,}72$

Somme des carrés, juges $= (4^2 + 6^2 + 6^2 + \ldots + 6^2)/3 - FC$
$= 372/3 - FC$
$= 124 - 106{,}78$
$= 17{,}22$

Somme des carrés, total $= (3^2 + 2^2 + 3^2 + 1^2 + \ldots + 2^2) - FC$
$= 142 - 106{,}78$
$= 35{,}22$

Tableau d'analyse de variance

Source de variation	*dl*	*sc*	*mc*	*F*
Échantillons	2	9,72	4,86	12,79**
Juges	11	17,22	1,57	4,13**
Erreur	22	8,28	0,38	
Total	35	35,22		

La valeur de *F* pour les échantillons est de 12,79. D'après le tableau 3 de l'annexe (page 65), lorsque la valeur de *F* est supérieure à 3,44, la différence est significative au seuil de 5% (*) et lorsqu'elle est supérieure à 5,72, la différence est significative au seuil de 1% (**). Dans le cas présent, la différence étant significative au seuil de 1%, on fait suivre la valeur de *F* de deux astérisques.

On utilise le test de Tukey pour déterminer les échantillons différents des autres de façon significative.

On calcule l'erreur-type de la moyenne.

$ET = \sqrt{0,38/12}$
$= \sqrt{0,0317}$
$= 0,18$

Le tableau 4 de l'annexe (page 67) indique une valeur de 3,58, pour trois échantillons et 22 degrés de liberté.

Différence la moins significative = 3,58 × 0,18
= 0,64

Notes des échantillons:	A	B	C
	29	14	19
Moyennes des échantillons:	2,42	1,17	1,58

Il faut disposer les moyennes des échantillons d'après leur importance.

A	C	B
2,42	1,58	1,17

On compare les moyennes entre elles, pour déterminer si la différence est égale ou supérieure à 0,64.

A − B = 2,42 − 1,17 = 1,25 > 0,64
A − C = 2,42 − 1,58 = 0,84 > 0,64
C − B = 1,58 − 1,17 = 0,41 < 0,64

Les différences entre les résultats sont indiquées par des lettres:

A	C	B
2,42*a*	1,58*b*	1,17*b*

Les valeurs qui ne sont pas suivies de la même lettre sont différentes au seuil de 5%. L'échantillon A est plus amer que les échantillons C et B.

Le tableau d'analyse de variance indique une différence significative entre les juges. Les valeurs données par le tableau 3 de l'annexe (page 65)

montrent que la valeur de *F* doit être supérieure à 2,23 pour être significative au seuil de 5% et supérieure à 3,12 pour être significative au seuil de 1%. On utilise le test de Tukey pour déterminer quels juges diffèrent de façon significative.

On calcule l'erreur-type de la moyenne.

$$ET = \sqrt{0,38/3}$$
$$= \sqrt{0,1267}$$
$$= 0,36$$

Le tableau 4 de l'annexe (page 67) fournit la valeur 5,20, pour 12 juges et 22 degrés de liberté.

Différence la moins significative = 5,20 × 0,36
= 1,87

Juges											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Totaux											
4	6	6	2	7	4	7	3	6	9	2	6
Moyennes											
1,33	2,0	2,0	0,67	2,33	1,33	2,33	1,0	2,0	3,0	0,67	2,0

Il faut disposer les moyennes des échantillons d'après leur importance.

Juges											
10	5	7	2	3	9	12	1	6	8	4	11
Moyennes											
3,0	2,33	2,33	2,0	2,0	2,0	2,0	1,33	1,33	1,0	0,67	0,67

On compare les moyennes entre elles, pour vérifier si leur différence est égale ou supérieure à 1,87.

J10 − J11 = 3,0 − 0,67 = 2,33 > 1,87
J10 − J4 = 3,0 − 0,67 = 2,33 > 1,87
J10 − J8 = 3,0 − 1,0 = 2,0 > 1,87
J10 − J6 = 3,0 − 1,33 = 1,67 < 1,87
J5 − J11 = 2,33 − 0,67 = 1,66 < 1,87

On utilise des lettres pour indiquer les différences entre les résultats:

J10	J5	J7	J2	J3	J9
3,0*a*	2,33*ab*	2,33*ab*	2,0*ab*	2,0*ab*	2,0*ab*
J12	J1	J6	J8	J4	J11
2,0*ab*	1,33*ab*	1,33*ab*	1,0*b*	0,67*b*	0,67*b*

Le juge 10 a proposé des notes nettement plus élevées que les juges 11, 4 et 8.

Lorsqu'on examine les résultats fournis par les juges, on s'aperçoit que si les notes accordées par le juge 10 sont élevées, elles correspondent bien aux moyennes du groupe d'experts: le fromage de type A a reçu la note la plus élevée, tandis que l'échantillon de type B a reçu les notes les

plus basses. De même, les notes accordées par le juge 8 sont basses, mais elles correspondent à la moyenne du groupe. Quant aux juges 4 et 11, ils n'ont pas assez perçu la différence, puisqu'ils ont donné la même note aux échantillons A et B.

Il importe peu qu'un juge accorde des notes plus élevées ou plus faibles que le reste du groupe, l'important est de reconnaître les différences entre les produits.

Échelle rationnelle

L'échelle rationnelle est une méthode couramment utilisée en physique. Les échelles de poids et de distance sont des exemples. Une distance de 40 km est deux fois plus longue qu'une distance de 20 km. Des rapports de mesures peuvent aussi être calculés. Il est possible d'appliquer l'échelle rationnelle à l'appréciation sensorielle. Les mesures des rapports sont généralement établies selon une méthode appelée estimation de grandeur (Moskowitz et al., 1972). On présente à l'expert une série d'échantillons dont une caractéristique, comme la dureté, est variable. Après avoir donné un nombre, 50 par exemple au premier échantillon, l'expert doit comparer un à un les autres échantillons avec le premier. Si le second échantillon lui semble deux fois plus dur que le premier, l'expert lui accordera la valeur de 100; si il lui semble deux fois moins dur, il sera coté 25.

Le nombre octroyé au premier échantillon peut être déterminé, au préalable, par le directeur de l'expérience ou laissé au libre choix de l'expert. On ne prescrit aucune limite inférieure ou supérieure. L'un des objectifs de la méthode d'estimation de grandeur consiste à demander à l'expert de mesurer de façon naturelle, à l'aide d'une échelle rationnelle sans limite arbitraire (Moskowitz, 1974).

Comme les experts utilisent les nombres de façon variable, on peut convertir les données de sorte que la moyenne géométrique de tous les échantillons examinés par chaque expert soit égale à 1. On peut appliquer l'analyse de variance aux logarithmes des données converties.

ANALYSE SENSORIELLE DESCRIPTIVE

On peut demander à un groupe d'experts hautement qualifiés d'examiner la saveur ou la texture d'un produit pour en donner une appréciation descriptive détaillée. Les méthodes descriptives les plus courantes sont la méthode du profil des saveurs (Caul, 1957) et la méthode du profil des textures (Brandt et al., 1963).

La méthode du profil des saveurs consiste à décrire la saveur et l'arôme d'un produit alimentaire. La description fait état des facteurs perceptibles, de l'intensité de chacun d'entre eux et de l'ordre dans lequel ils sont perçus, ainsi que de l'arrière-goût et de l'impression générale.

Le profil des textures est la description des caractéristiques de texture perçues dans un produit alimentaire, l'intensité des facteurs et l'ordre dans lequel ils sont notés. Les caractéristiques mécaniques sont décrites qualitativement et quantitativement; les caractéristiques géométriques sont notées qualitativement mais sont décrites seulement en partie, sur le plan quantitatif; la description du pourcentage de graisse et d'humidité varie selon le produit étudié. On décrit les propriétés mécaniques d'un produit, en examinant s'il est dur, cassable, consistant, élastique, collant et visqueux. On décrit les propriétés géométriques d'un produit en examinant, par exemple, s'il est grumeleux, grossier et fibreux.

L'analyse descriptive est un instrument précieux pour les essais de différence et pour les travaux de mise au point de produits. Elle fournit une description complète des différences entre les échantillons et permet au producteur de modifier les caractéristiques d'un produit pour le rendre plus conforme aux exigences des consommateurs.

La formation des comités d'étude de profils exige beaucoup de temps et les experts doivent se montrer très motivés et très intéressés. Cependant, une fois la formation achevée, le comité peut fournir en peu de temps des descriptions complètes et sûres des produits. Comme les experts travaillent en groupe, il peut arriver que certains membres particulièrement résolus exercent une influence indue sur les autres membres du comité et modifient ainsi les résultats de l'étude.

Pour plus de renseignements sur ces méthodes, il faut consulter Caul (1957) et Brandt et al. (1963).

Analyse descriptive doublée d'une échelle rationnelle

Une méthode d'appréciation sensorielle, intitulée analyse descriptive quantitative, a été mise au point par le *Stanford Research Institute* (Stone et al., 1974). Au cours des séances préliminaires, un comité d'experts qualifiés détermine les propriétés sensorielles du produit. On confectionne des échantillons pour illustrer les différentes propriétés, afin que les membres du comité s'entendent sur la signification des termes qualifiant ces caractéristiques. Pendant ces séances, les juges travaillent en groupe et sont invités à exprimer leurs observations. Ils sélectionnent les propriétés sensorielles qui doivent être appréciées et s'entendent sur les termes à utiliser. Pendant les séances d'appréciation, les experts travaillent individuellement.

L'échelle utilisée est constituée d'une ligne horizontale de 15 cm de long munie de points de repère à 1,3 cm de chaque extrémité, et dont le point central n'est pas nécessairement signalé. Chaque point de repère est normalement accompagné d'un mot ou d'une expression. On utilise un graphique différent pour chaque propriété sensorielle à examiner.

Chaque juge indique son appréciation par un trait vertical à l'endroit de la ligne horizontale qui représente le mieux sa perception de l'étendue de la propriété étudiée.

Par la suite, le directeur de l'expérience examine les jugements fournis par les experts en superposant sur le graphique une grille divisant la ligne en 60 unités. Il peut ainsi donner aux appréciations une valeur comprise entre 0 et 60 et rassembler ces valeurs en tableau.

Pour plus de détails relativement à l'analyse des données et à l'interprétation des résultats, consulter Stone et al. (1974).

Les échelles graduées, comme celles utilisées dans la méthode de notation, sont fondées sur des hypothèses qui pourront par la suite s'avérer justes ou fausses. On suppose que toutes les définitions de l'échelle ont la même signification pour chaque juge et qu'elles sont séparées par un même intervalle sensoriel. Ainsi, dans l'exemple de la page 44, on suppose que l'écart entre "légèrement amer" et "amer" est le même que celui qui sépare "très amer" et "extrêmement amer". On ne peut être certain de la justesse de ces suppositions.

On ne rencontre pas ce problème d'intervalles irréguliers lorsqu'on utilise les échelles non graduées munies seulement de repères aux extrémités. Cependant, il est difficile, dans ce cas, d'utiliser les notes d'une expérience à une autre (Hall, 1958).

L'Institut de recherches sur les aliments exécute des analyses descriptives à l'aide d'échelles non graduées. Les membres du comité définissent ensemble les caractéristiques importantes du produit qui doit être examiné et s'entendent sur les termes à placer aux points de repère des lignes. On recueille les données de la manière décrite par Stone et al. (1974). Lorsque les tableaux de données sont établis, on procède à une analyse de variance semblable à celle utilisée pour l'analyse des données des méthodes de comparaisons multiples.

Un modèle de questionnaire et un exemple d'analyse descriptive doublée d'une échelle rationnelle sont présentés ci-dessous.

QUESTIONNAIRE D'ANALYSE DESCRIPTIVE
DOUBLÉE D'UNE ÉCHELLE
RATIONNELLE

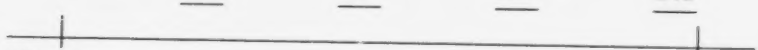
NOM _____ DATE _____

Veuillez apprécier la fermeté et la consistance de ces échantillons de saucisses.

1. Fermeté — Tracer une barre verticale sur la ligne horizontale, pour indiquer votre appréciation de la fermeté de chaque échantillon. Indiquer près de la barre verticale le numéro de code de l'échantillon qu'elle représente.

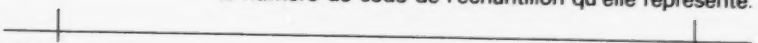
Veuillez goûter les échantillons dans l'ordre suivant:

572 681 437 249



très mou — très ferme

2. Consistance — Tracer une barre verticale sur la ligne horizontale, pour indiquer votre appréciation de la consistance de chaque échantillon. Indiquer près de la barre verticale le numéro de code de l'échantillon qu'elle représente.



très spongieux — très caoutchouteux

Commentaires:

EXEMPLE. On a utilisé cette méthode pour l'étude de la texture de saucisses de Francfort. Au cours des essais préliminaires, les juges avaient déterminé que la fermeté et la consistance étaient les deux plus importantes caractéristiques de la texture des saucisses. Quatre types de saucisses ont été examinés par huit juges, d'après la feuille de notation présentée plus haut. Les juges s'étaient entendus sur les définitions des points de repère au cours des séances préliminaires.

On a donné des valeurs numériques aux appréciations des juges en calculant le nombre d'unités de 0,25 cm comprises entre les traits faits par les juges et l'extrémité gauche de la ligne.

Les valeurs numériques correspondant à chaque caractéristique ont fait l'objet d'une analyse de variance.

Fermeté

Juges	Marques				Total
	A	B	C	D	
1	4,8	5,3	8,6	2,8	21,5
2	10,4	6,1	13,0	7,6	37,1
3	11,7	8,1	13,5	4,6	37,9
4	5,8	13,5	13,5	3,3	36,1
5	3,8	11,9	13,5	1,5	30,7
6	5,1	8,4	11,9	4,6	30,0
7	5,1	8,9	13,2	6,9	34,1
8	5,3	12,2	13,7	4,3	35,5
Total	52,0	74,4	100,9	35,6	262,9
Moyenne	6,5	9,3	12,6	4,5	

REMARQUE: LE LECTEUR PEUT SE FAMILIARISER AVEC LA MÉTHODE D'ANALYSE DE VARIANCE EN LISANT LA DESCRIPTION COMPLÈTE FOURNIE À LA PAGE 32, DANS LE CADRE DE L'ESSAI DE COMPARAISONS MULTIPLES.

Analyse de variance

Facteur de correction (FC) = Total ^{2}/nombre de réponses
= $262{,}9^2/32$
= 69 116,41/32
= 2159,89

Somme des carrés, échantillons = (Somme des carrés du total de chaque échantillon/nombre de jugements portés sur chaque échantillon) − FC
= $(52{,}0^2 + 74{,}4^2 + 100{,}9^2 + 35{,}6^2)/8$ − FC
= 19 687,53/8 − FC
= 2460,94 − 2159,89
= 301,05

Somme des carrés, juges = (Somme des carrés du total pour chaque juge/nombre de jugements posés par chaque juge) − FC
= $(21{,}5^2 + 37{,}1^2 + 37{,}9^2 + \ldots + 35{,}5^2)/4$ − FC
= 8840,87/4 − FC
= 2210,22 − 2159,89
= 50,33

Somme des carrés, total = Somme des carrés de chaque jugement − FC
= $(4{,}8^2 + 10{,}4^2 + 11{,}7^2 + \ldots + 4{,}3^2)$ − FC
= 2630,07 − 2159,89
= 470,18

Tableau d'analyse de variance

Source de variation	*dl*	*sc*	*cm*	*F*
Échantillons	3	301,5	100,50	17,82**
Juges	7	50,33	7,19	1,27
Erreur	21	118,35	5,64	
Total	31	470,18		

La valeur de *F* pour les échantillons s'élève à 17,82. D'après le tableau 3 de l'annexe (page 65), lorsque la valeur de *F* est supérieure à 3,07, la différence est significative au seuil de 5% (*) et lorsqu'elle est supérieure à 4,87, la différence est significative au seuil de 1% (**). La différence entre les échantillons étant significative au seuil de 1%, on fait suivre la valeur de deux astérisques. Il n'y a pas de différence significative entre les juges.

On utilise le test de Tukey pour déterminer les échantillons différents.

On calcule l'erreur-type de la moyenne.

ET = $\sqrt{5{,}64/8}$
= $\sqrt{0{,}7050}$
= 0,84

Le tableau 4 de l'annexe (page 67) donne, pour quatre échantillons et 21 degrés de liberté, une valeur de 3,95.

Différence la moins significative = 3,95 × 0,84
= 3,30

Notes des échantillons:	A	B	C	D
	52,0	74,4	100,9	35,6
Moyennes des échantillons:	6,5	9,3	12,6	4,5

Il faut disposer les moyennes des échantillons selon leur importance.

C	B	A	D
12,6	9,3	6,5	4,5

On compare les moyennes entre elles, pour déterminer si la différence est égale ou supérieure à 3,3.

C − D = 12,6 − 4,5 = 8,1 > 3,3
C − A = 12,6 − 6,5 = 6,1 > 3,3
C − B = 12,6 − 9,3 = 3,3 = 3,3

L'échantillon C est différent de tous les autres, de façon significative.
$B - D = 9,3 - 4,5 = 4,8 > 3,3$
$B - A = 9,3 - 6,5 = 2,8 < 3,3$

L'échantillon B est différent de l'échantillon D de façon significative, mais non de l'échantillon A.
$A - D = 6,5 - 4,5 = 2,0 < 3,3$

Les échantillons A et D ne sont pas différents l'un de l'autre de façon significative.

On utilise des lettres pour indiquer les différences entre les échantillons.

C	B	A	D
12,6*a*	9,3*b*	6,5*bc*	4,5*c*

Toutes les valeurs qui ne sont pas suivies de la même lettre sont différentes de façon significative au seuil de 5%. L'échantillon C est plus ferme que tous les autres, tandis que l'échantillon B est plus ferme que l'échantillon D.

Consistance

	Marques				
Juges	A	B	C	D	Total
1	5,6	4,8	8,1	0,5	19,0
2	6,4	2,5	10,7	5,1	24,7
3	8,4	7,6	10,2	3,8	30,0
4	6,6	13,7	10,7	3,3	34,3
5	6,6	10,9	13,0	0,3	30,8
6	5,6	8,6	11,9	4,8	30,9
7	6,1	9,1	14,0	8,1	37,3
8	4,1	9,9	14,5	4,6	33,1
Total	49,4	67,1	93,1	30,5	240,1
Moyenne	6,2	8,4	11,6	3,8	

Analyse de variance

Facteur de correction (FC) $= 240,1^2/32$
$= 57\,648,01/32$
$= 1801,50$

Somme des carrés, échantillons $= (49,4^2 + 67,1^2 + 93,1^2 + 30,5^2)/8 - FC$
$= 16\,540,63/8 - FC$
$= 2067,58 - 1801,50$
$= 266,08$

Somme des carrés, juges $= (19{,}0^2 + 24{,}7^2 + 30{,}0^2 + \ldots + 33{,}1^2)/4 - FC$

$= 7437{,}93/4 - FC$

$= 1859{,}48 - 1801{,}50$

$= 57{,}98$

Somme des carrés, total $= 5{,}6^2 + 6{,}4^2 + 8{,}4^2 + \ldots + 4{,}6^2) - FC$

$= 2240{,}69 - 1801{,}50$

$= 439{,}19$

Tableau d'analyse de variance

Source de variation	*dl*	*sc*	*cm*	*F*
Échantillons	3	266,08	88,69	16,18**
Juges	7	57,98	8,28	1,51
Erreur	21	115,13	5,48	
Total	31	439,19		

Pour les échantillons, la valeur de *F* s'élève à 16,18. D'après le tableau 3 de l'annexe (page 65), lorsque la valeur de *F* est supérieure à 3,07, la différence est significative au seuil de 5% (*) et lorsqu'elle est supérieure à 4,87, la différence est significative au seuil de 1% (**). La différence entre les échantillons étant significative au seuil de 1%, les valeurs sont suivies de deux astérisques. Entre les juges, la différence n'est pas significative.

Les valeurs qui ne sont pas suivies de la même lettre sont différentes de façon significative au seuil de 5%. L'échantillon C est plus consistant que tous les autres. L'échantillon B est plus consistant que l'échantillon D.

ESSAIS DE PRÉFÉRENCE

Les essais de préférence comprennent l'essai de comparaisons par paires, l'échelle hédonique et la méthode des rangs. Des modèles de questionnaire et des exemples de ces méthodes vont être présentés dans les pages qui suivent.

Essai de comparaisons par paires

L'essai de comparaisons par paires, appliqué au cours des essais de préférence, est semblable à celui qui sert aux essais de différence. Dans les essais de préférence, on demande à l'expert d'indiquer lequel des deux échantillons codés il préfère (fig. 6), conformément au questionnaire suivant.

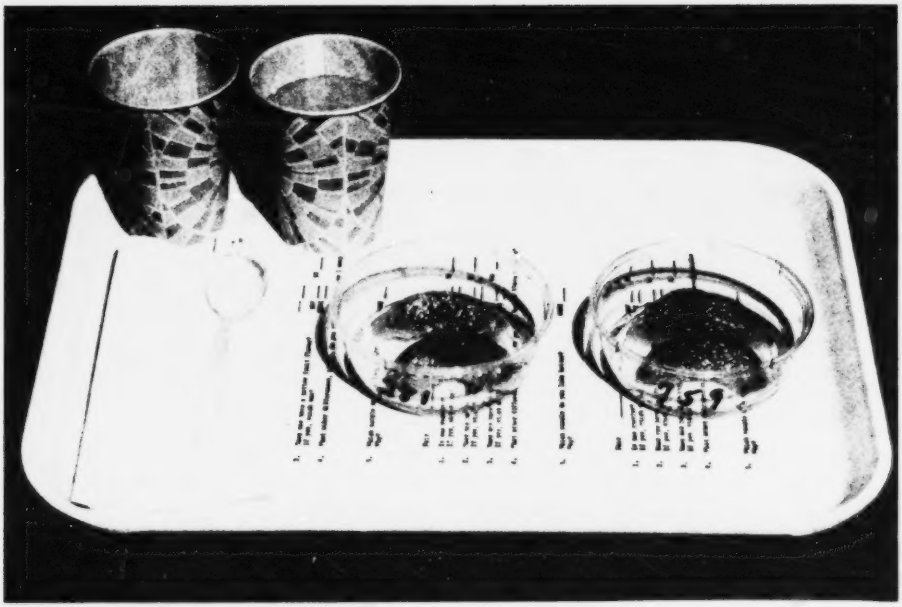


Fig. 6 Plateau préparé pour l'essai de comparaisons par paires

QUESTIONNAIRE DE L'ESSAI DE
COMPARAISONS PAR PAIRES

NOM _____ DATE _____

PRODUIT _____

Goûter les deux échantillons codés dans l'ordre suivant: 317 225

Lequel des deux échantillons préférez-vous? _____

Commentaires:

EXEMPLE. On s'est servi d'un essai de comparaisons par paires pour déterminer le meilleur de deux biscuits confectionnés à l'aide de deux combinaisons d'épices différentes. Cinquante experts ont comparé les deux biscuits. Vingt-cinq d'entre eux ont d'abord examiné un biscuit préparé selon la méthode A, tandis que les 25 autres ont goûté en premier lieu un biscuit qui avait reçu le traitement B.

Trente-cinq experts sur 50 ont préféré les biscuits préparés selon le traitement B. D'après le tableau statistique 2 de l'annexe (page 64), cette proportion indique une préférence significative au seuil de 1%. Si 33 personnes seulement avaient montré une préférence pour un biscuit par rapport à l'autre, la préférence aurait été significative au seuil de 5%.

Échelle hédonique

L'échelle hédonique en neuf points est la méthode de comparaison la plus souvent utilisée pour les essais de préférence. Le terme "hédonique" signifie "relatif au plaisir". Ce terme devrait être appliqué seulement au sujet des échelles utilisées par l'expert pour exprimer son impression, comme dans le questionnaire suivant.

QUESTIONNAIRE DE L'ÉCHELLE HÉDONIQUE

NOM _____ DATE _____

PRODUIT _____

Veuillez goûter à ces échantillons et indiquer à quel point ils vous plaisent ou non.

148	914	579
Le produit me plaît	Le produit me plaît	Le produit me plaît
_____ énormément	_____ énormément	_____ énormément
_____ beaucoup	_____ beaucoup	_____ beaucoup
_____ modérément	_____ modérément	_____ modérément
_____ un peu	_____ un peu	_____ un peu
_____ il m'est indifférent	_____ il m'est indifférent	_____ il m'est indifférent
Le produit me déplaît	Le produit me déplaît	Le produit me déplaît
_____ un peu	_____ un peu	_____ un peu
_____ modérément	_____ modérément	_____ modérément
_____ beaucoup	_____ beaucoup	_____ beaucoup
_____ énormément	_____ énormément	_____ énormément

Commentaires:

EXEMPLE. On donne aux notes recueillies par chaque échantillon des valeurs numériques s'étalant entre 9 (me plaît énormément) et 1 (me

déplaît énormément). On examine les résultats à l'aide de l'analyse de variance décrite à la page 33.

Lorsqu'on étudie seulement deux types de produits, les notes moyennes obtenues par chaque échantillon peuvent être comparées à l'aide du test-*t*.

On dispose les notes en tableau:

	Échantillons		
Juges	A	B	Différence
1	8	6	2
2	7	7	0
3	7	6	1
4	8	7	1
5	6	6	0
6	7	6	1
7	7	7	0
8	8	7	1
9	6	7	−1
10	7	7	0
Total	71	66	5
Moyenne	7,1	6,6	0,5

Test-*t*

Les échantillons sont différents de façon significative si: $\dfrac{\bar{d}}{S/\sqrt{n}} > t$

Calcul de $\bar{d}$ (différence moyenne):

$\bar{d}$ = moyenne de A − moyenne de B
= 7,1 − 6,6
= 0,5

Calcul de S:

$$S = \frac{\sqrt{\Sigma d_i^2 - [(\Sigma d)^2/n]}}{n-1}$$

Σd^2 = somme du carré de chaque différence
$= 2^2 + 0^2 + 1^2 + \ldots + 0^2$
= 9

$(\Sigma d)^2$ = carré de la somme des différences
$= 5^2$
= 25

n = nombre de paires
= 10

$$S = \sqrt{\frac{9 - 25/10}{9}}$$

$$= \sqrt{\frac{9 - 2,5}{9}}$$

$$= \sqrt{\frac{6,5}{9}}$$

$$= \sqrt{0,7222}$$

$$= 0,85$$

Le tableau statistique 7 de l'annexe (page 71) indique la valeur de t dans la colonne de 0,050 (au seuil de 5% de signification). Le degré de liberté (*dl*) est égal au nombre de paires moins une.

$$dl = 10 - 1$$

$$= 9$$

valeur de $t = 2,262$

Les échantillons étant différents de façon significative si: $\frac{\overline{d}}{S/\sqrt{n}} > t$

$$\frac{\overline{d}}{S/\sqrt{n}} = \frac{0,5}{0,85/\sqrt{10}}$$

$$= \frac{0,5}{0,85/3,16}$$

$$= \frac{0,5}{0,27}$$

$$= 1,85$$

1,85 est inférieur à la valeur de t, 2,262.

On peut donc conclure qu'il n'y a pas de différence significative entre les biscuits de type A et les biscuits de type B.

Méthode des rangs

Lorsqu'on applique la méthode des rangs aux essais de préférence, on demande à l'expert de classer, selon son ordre de préférence, des échantillons codés.

QUESTIONNAIRE DE LA MÉTHODE DES RANGS

NOM _____ DATE _____

PRODUIT _____

Veuillez classer ces échantillons selon votre préférence. Le produit que vous préférez sera classé premier et celui que vous aimez le moins, quatrième.

Goûter successivement les échantillons suivants: 817 462 149 535

Premier _____
Deuxième _____
Troisième _____
Quatrième _____

Commentaires:

On peut analyser les résultats obtenus en utilisant les méthodes I ou II décrites à la page 39, dans le cadre de l'essai de différence.

RÉFÉRENCES

American Society for Testing and Materials, *Manual on sensory testing methods.* ASTM STP 434, American Society for Testing and Materials, Philadelphia (Pa.), 1968. 77 pp.

Amerine, M.A., Pangborn, R.M., Roessler, E.B., *Principles of sensory evaluation of food.* Academic Press, New York (N.Y.), 1965, 602 pp.

Bradley, R.A., Terry, M.E., *Rank analysis of incomplete block designs. 1. The method of paired comparisons.* Biometrika, 1952. 39:324-345.

Brandt, M.A., Skinner, E.B., Coleman, J.A., *Texture profile method.* J. Food Sci., 1963. 28:404-409.

Caul, J.F., *The profile method of flavour analysis.* Advances in food research, 1957. Vol. 7, pp. 1-40.

Cochran, W.G., Cox, G.M., *Experimental designs.* 2e éd., Wiley, New York (N.Y.), 1957. 611 pp.

Dietrick, C.E., *A computer program for paired comparisons with ties.* Can. Inst. Food Technol. J., 1968. 1 (4):170.

Ellis, B.H., *A guide book for sensory testing.* Continental Can. Co., Chicago (Ill.), 1961. 55 pp.

Fisher, R.A., Yates, F., *Statistical tables for biological, agricultural and medical research.* 3e éd., Oliver and Boyd Ltd., London (England), 1949. 112 pp.

Hall, R.L., *Flavor study approaches at McCormick and Co., Inc.* Flavor research and food acceptance, Reinhold, New York (N.Y.), 1958. pp. 224-240.

Kefford, J.F., Christie, E.M., *Sensory tests for colour, flavor, and texture.* CSIRO Food Preserv. Q., 1960. 20:47-56.

Klemmer, E.T., *Psychological principles of sensory evaluation.* Basic principles of sensory evaluation, ASTM STP 433, American Society for Testing and Materials, Philadelphia (Pa.), 1968. p. 51.

Kramer, A., Kahan, G., Cooper, D., Papavisilian, A., *A non-parametric ranking method for the statistical evaluation of sensory data.* Chemical Senses and Flavor, 1974. 1:121-133.

Kroll, B.J., Pilgrim, F.J., *Sensory evaluation of accessory foods with and without carriers.* J. Food Sci., 1961. 26:122-124.

Mackey, A.O., Valassi, K., *The discernment of primary tastes in the presence of different food textures.* Food Technol., 1956. 10:238-240.

Marshall, S.G., Vaisey, M., *Sweetness perception in relation to some textural characteristics of hydrocolloid gels.* J. Texture Stud., 1972. 3:173-185.

Moskowitch, H.R., *Sensory evaluation by magnitude estimation.* Food Technol., 1974. 28(11):16-21.

Moskowitch, H.R., Drake, B., Akesson, C., *Psychological measures of texture.* J. Texture Stud., 1972. 3:135-145.

Pettit, L.A., *Informational bias in flavor preference testing.* Food Technol., 1958. 12(1):12-14.

Roessler, E.B., Warren, J., Guymon, J.F., *Significance in triangular taste tests.* Food Res., 1948. 13:503-505.

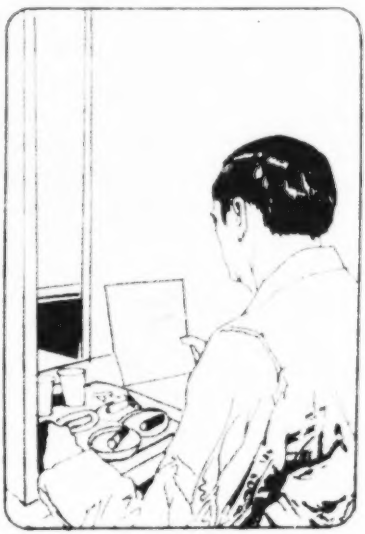
Roessler, E.B., Baker, G.A., Amerine, M.A., *One-tailed and two-tailed tests in organoleptic comparisons.* Food Res., 1956. 21:117-121.

Scheffé, H., *An analysis of variance for paired comparisons.* J. Am. Stat. Assoc., 1952. 47:381-400.

Snedecor, G.W., *Statistical methods.* 5e éd., Iowa State College Press, Iowa State College, Ames (Iowa), 1956. 534 pp.

Stone, H., Oliver, S., *Effectt of viscosity on the detection of relative sweetness intensity of sucrose solutions.* J. Food Sci., 1966. 31:129-134.

Stone, J., Sidel, J., Oliver, S., Woolsey, A., *Sensory evaluation by quantitative descriptive analysis.* Food Technol., 1974. 28(11):24-34.



ANNEXE

TABLEAU STATISTIQUE 1

Essai triangulaire, analyse de différence

Nombre de dégustateurs	Nombre de réponses correctes nécessaires pour atteindre le seuil de signification			Nombre de dégustateurs	Nombre de réponses correctes nécessaires pour atteindre le seuil de signification		
	• 5%	• • 1%	• • • 0,1%		• 5%	• • 1%	• • • 0,1%
7	5	6	7	57	27	29	31
8	6	7	8	58	27	29	32
9	6	7	8	59	27	30	32
10	7	8	9	60	28	30	33
11	7	8	9	61	28	30	33
12	8	9	10	62	28	31	33
13	8	9	10	63	29	31	34
14	9	10	11	64	29	32	34
15	9	10	12	65	30	32	35
16	10	11	12	66	30	32	35
17	10	11	13	67	30	33	36
18	10	12	13	68	31	33	36
19	11	12	14	69	31	34	36
20	11	13	14	70	32	34	37
21	12	13	15	71	32	34	37
22	12	14	15	72	32	35	38
23	13	14	16	73	33	35	38
24	13	14	16	74	33	36	39
25	13	15	17	75	34	36	39
26	14	15	17	76	34	36	39
27	14	16	18	77	34	37	40
28	15	16	18	78	35	37	40
29	15	17	19	79	35	38	41
30	16	17	19	80	35	38	41
31	16	18	19	81	36	38	41
32	16	18	20	82	36	39	42
33	17	19	20	83	37	39	42
34	17	19	21	84	37	40	43
35	18	19	21	85	37	40	43
36	18	20	22	86	38	40	44
37	18	20	22	87	38	41	44
38	19	21	23	88	39	41	44
39	19	21	23	89	39	42	45
40	20	22	24	90	39	42	45
41	20	22	24	91	40	42	46
42	21	22	25	92	40	43	46
43	21	23	25	93	40	43	46
44	21	23	25	94	41	44	47
45	22	24	26	95	41	44	47
46	22	24	26	96	42	44	48
47	23	25	27	97	42	45	48
48	23	25	27	98	42	45	49
49	23	25	28	99	43	46	49
50	24	26	28	100	43	46	49
51	24	26	29	200	80	84	89
52	25	27	29	300	117	122	127
53	25	27	29	400	152	158	165
54	25	27	30	500	188	194	202
55	26	28	30	1000	363	372	383
56	26	28	31	2000	709	722	737

TABLEAU STATISTIQUE 2

Essai à deux échantillons

Nombre de jugements	Tests de deuxième phase Minimum de jugements convergents nécessaires pour rendre la différence significative			Test de première phase Minimum de réponses correctes nécessaires pour établir une différence significative		
	Niveau de probabilité			Niveau de probabilité		
	5%	1%	0,1%	5%	1%	0,1%
5	....	....	....	5	....	....
6	....	....	....	6	....	....
7	7	....	....	7	7	....
8	8	8	....	7	8	....
9	8	9	....	8	9	....
10	9	10	....	9	10	10
11	10	11	11	9	10	11
12	10	11	12	10	11	12
13	11	12	13	10	12	13
14	12	13	14	11	12	13
15	12	13	14	12	13	14
16	13	14	15	12	14	15
17	13	15	16	13	14	16
18	14	15	17	13	15	16
19	15	16	17	14	15	17
20	15	17	18	15	16	18
21	16	17	19	15	17	18
22	17	18	19	16	17	19
23	17	19	20	16	18	20
24	18	19	21	17	19	20
25	18	20	21	18	19	21
26	19	20	22	18	20	22
27	20	21	23	19	20	22
28	20	22	23	19	21	23
29	21	22	24	20	22	24
30	21	23	25	20	22	24
31	22	24	25	21	23	25
32	23	24	26	22	24	26
33	23	25	27	22	24	26
34	24	25	27	23	25	27
35	24	26	28	23	25	27
36	25	27	29	24	26	28
37	25	27	29	24	27	29
38	26	28	30	25	27	29
39	27	28	31	26	28	30
40	27	29	31	26	28	31
41	28	30	32	27	29	31
42	28	30	32	27	29	32
43	29	31	33	28	30	32
44	29	31	34	28	31	33
45	30	32	34	29	31	34
46	31	33	35	30	32	34
47	31	33	36	30	32	35
48	32	34	36	31	33	36
49	32	34	37	31	34	36
50	33	35	37	32	34	37
60	39	41	44	37	40	43
70	44	47	50	43	46	49
80	50	52	56	48	51	55
90	55	58	61	54	57	61
100	61	64	67	59	63	66

TABLEAU STATISTIQUE 3

Rapport de variances — répartition de F en points de 5%

n_1 — degrés de liberté au numérateur
n_2 — degrés de liberté au dénominateur

n_2 \ n_1	1	2	3	4	5	6	8	12	24	∞
1	161,4	199,5	215,7	224,6	230,2	234,0	238,9	243,9	249,0	254,3
2	18,51	19,00	19,16	19,25	19,30	19,33	19,37	19,41	19,45	19,50
3	10,13	9,55	9,28	9,12	9,01	8,94	8,84	8,74	8,64	8,53
4	7,71	6,94	6,59	6,39	6,26	6,16	6,04	5,91	5,77	5,63
5	6,61	5,79	5,41	5,19	5,05	4,95	4,82	4,68	4,53	4,36
6	5,99	5,14	4,76	4,53	4,39	4,28	4,15	4,00	3,84	3,67
7	5,59	4,74	4,35	4,12	3,97	3,87	3,73	3,57	3,41	3,23
8	5,32	4,46	4,07	3,84	3,69	3,58	3,44	3,28	3,12	2,93
9	5,12	4,26	3,86	3,63	3,48	3,37	3,23	3,07	2,90	2,71
10	4,96	4,10	3,71	3,48	3,33	3,22	3,07	2,91	2,74	2,54
11	4,84	3,98	3,59	3,36	3,20	3,09	2,95	2,79	2,61	2,40
12	4,75	3,88	3,49	3,26	3,11	3,00	2,85	2,69	2,50	2,30
13	4,67	3,80	3,41	3,18	3,02	2,92	2,77	2,60	2,42	2,21
14	4,60	3,74	3,34	3,11	2,96	2,85	2,70	2,53	2,35	2,13
15	4,54	3,68	3,29	3,06	2,90	2,79	2,64	2,48	2,29	2,07
16	4,49	3,63	3,24	3,01	2,85	2,74	2,59	2,42	2,24	2,01
17	4,45	3,59	3,20	2,96	2,81	2,70	2,55	2,38	2,19	1,96
18	4,41	3,55	3,16	2,93	2,77	2,66	2,51	2,34	2,15	1,92
19	4,38	3,52	3,13	2,90	2,74	2,63	2,48	2,31	2,11	1,88
20	4,35	3,49	3,10	2,87	2,71	2,60	2,45	2,28	2,08	1,84
21	4,32	3,47	3,07	2,84	2,68	2,57	2,42	2,25	2,05	1,81
22	4,30	3,44	3,05	2,82	2,66	2,55	2,40	2,23	2,03	1,78
23	4,28	3,42	3,03	2,80	2,64	2,53	2,38	2,20	2,00	1,76
24	4,26	3,40	3,01	2,78	2,62	2,51	2,36	2,18	1,98	1,73
25	4,24	3,38	2,99	2,76	2,60	2,49	2,34	2,16	1,96	1,71
26	4,22	3,37	2,98	2,74	2,59	2,47	2,32	2,15	1,95	1,69
27	4,21	3,35	2,96	2,73	2,57	2,46	2,30	2,13	1,93	1,67
28	4,20	3,34	2,95	2,71	2,56	2,44	2,29	2,12	1,91	1,65
29	4,18	3,33	2,93	2,70	2,54	2,43	2,28	2,10	1,90	1,64
30	4,17	3,32	2,92	2,69	2,53	2,42	2,27	2,09	1,89	1,62
40	4,08	3,23	2,84	2,61	2,45	2,34	2,18	2,00	1,79	1,51
60	4,00	3,15	2,76	2,52	2,37	2,25	2,10	1,92	1,70	1,39
120	3,92	3,07	2,68	2,45	2,29	2,17	2,02	1,83	1,61	1,25
∞	3,84	2,99	2,60	2,37	2,21	2,09	1,94	1,75	1,52	1,00

TABLEAU STATISTIQUE 3 — *suite*

Rapport de variances — répartition de F en points de 1%

n_1 — degrés de liberté au numérateur
n_2 — degrés de liberté au dénominateur

n_2 \ n_1	1	2	3	4	5	6	8	12	24	∞
1	4052	4999	5403	5625	5764	5859	5981	6106	6234	6366
2	98,49	99,00	99,17	99,25	99,30	99,33	99,36	99,42	99,46	99,50
3	34,12	30,81	29,46	28,71	28,24	27,91	27,49	27,05	26,60	26,12
4	21,20	18,00	16,69	15,98	15,52	15,21	14,80	14,37	13,93	13,46
5	16,26	13,27	12,06	11,39	10,97	10,67	10,29	9,89	9,47	9,02
6	13,74	10,92	9,78	9,15	8,75	8,47	8,10	7,72	7,31	6,88
7	12,25	9,55	8,45	7,85	7,46	7,19	6,84	6,47	6,07	5,65
8	11,26	8,65	7,59	7,01	6,63	6,37	6,03	5,67	5,28	4,86
9	10,56	8,02	6,99	6,42	6,06	5,80	5,47	5,11	4,73	4,31
10	10,04	7,56	6,55	5,99	5,64	5,39	5,06	4,71	4,33	3,91
11	9,65	7,20	6,22	5,67	5,32	5,07	4,74	4,40	4,02	3,60
12	9,33	6,93	5,95	5,41	5,06	4,82	4,50	4,16	3,78	3,36
13	9,07	6,70	5,74	5,20	4,86	4,62	4,30	3,96	3,59	3,16
14	8,86	6,51	5,56	5,03	4,69	4,46	4,14	3,80	3,43	3,00
15	8,68	6,36	5,42	4,89	4,56	4,32	4,00	3,67	3,29	2,87
16	8,53	6,23	5,29	4,77	4,44	4,20	3,89	3,55	3,18	2,75
17	8,40	6,11	5,18	4,67	4,34	4,10	3,79	3,45	3,08	2,65
18	8,28	6,01	5,09	4,58	4,25	4,01	3,71	3,37	3,00	2,57
19	8,18	5,93	5,01	4,50	4,17	3,94	3,63	3,30	2,92	2,49
20	8,10	5,85	4,94	4,43	4,10	3,87	3,56	3,23	2,86	2,42
21	8,02	5,78	4,87	4,37	4,04	3,81	3,51	3,17	2,80	2,36
22	7,94	5,72	4,82	4,31	3,99	3,76	3,45	3,12	2,75	2,31
23	7,88	5,66	4,76	4,26	3,94	3,71	3,41	3,07	2,70	2,26
24	7,82	5,61	4,72	4,22	3,90	3,67	3,36	3,03	2,66	2,21
25	7,77	5,57	4,68	4,18	3,86	3,63	3,32	2,99	2,62	2,17
26	7,72	5,53	4,64	4,14	3,82	3,59	3,29	2,96	2,58	2,13
27	7,68	5,49	4,60	4,11	3,78	3,56	3,26	2,93	2,55	2,10
28	7,64	5,45	4,57	4,07	3,75	3,53	3,23	2,90	2,52	2,06
29	7,60	5,42	4,54	4,04	3,73	3,50	3,20	2,87	2,49	2,03
30	7,56	5,39	4,51	4,02	3,70	3,47	3,17	2,84	2,47	2,01
40	7,31	5,18	4,31	3,83	3,51	3,29	2,99	2,66	2,29	1,80
60	7,08	4,98	4,13	3,65	3,34	3,12	2,82	2,50	2,12	1,60
120	6,85	4,79	3,95	3,48	3,17	2,96	2,66	2,34	1,95	1,38
∞	6,64	4,60	3,78	3,32	3,02	2,80	2,51	2,18	1,79	1,00

TABLEAU STATISTIQUE 4

Étendue significative de Student au seuil de 5%

Degrés de liberté	Nombre de traitements, p																		
df	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	18,0	26,7	32,8	37,2	40,5	43,1	45,4	47,3	49,1	50,6	51,9	53,2	54,3	55,4	56,3	57,2	58,0	58,8	59,6
2	6,09	8,28	9,80	10,89	11,73	12,43	13,03	13,54	13,99	14,39	14,75	15,08	15,38	15,65	15,91	16,14	16,36	16,57	16,77
3	4,50	5,88	6,83	7,51	8,04	8,47	8,85	9,18	9,46	9,72	9,95	10,16	10,35	10,52	10,69	10,84	10,98	11,12	11,24
4	3,93	5,00	5,76	6,31	6,73	7,06	7,35	7,60	7,83	8,03	8,21	8,37	8,52	8,67	8,80	8,92	9,03	9,14	9,24
5	3,61	4,54	5,18	5,64	5,99	6,28	6,52	6,74	6,93	7,10	7,25	7,39	7,52	7,64	7,75	7,86	7,95	8,04	8,13
6	3,46	4,34	4,90	5,31	5,63	5,89	6,12	6,32	6,49	6,65	6,79	6,92	7,04	7,14	7,24	7,34	7,43	7,51	7,59
7	3,34	4,16	4,68	5,06	5,35	5,59	5,80	5,99	6,15	6,29	6,42	6,54	6,65	6,75	6,84	6,93	7,01	7,08	7,16
8	3,26	4,04	4,53	4,89	5,17	5,40	5,60	5,77	5,92	6,05	6,18	6,29	6,39	6,48	6,57	6,65	6,73	6,80	6,87
9	3,20	3,95	4,42	4,76	5,02	5,24	5,43	5,60	5,74	5,87	5,98	6,09	6,19	6,28	6,36	6,44	6,51	6,58	6,65
10	3,15	3,88	4,33	4,66	4,91	5,12	5,30	5,46	5,60	5,72	5,83	5,93	6,03	6,12	6,20	6,27	6,34	6,41	6,47
11	3,11	3,82	4,26	4,58	4,82	5,03	5,20	5,35	5,49	5,61	5,71	5,81	5,90	5,98	6,06	6,14	6,20	6,27	6,33
12	3,08	3,77	4,20	4,51	4,75	4,95	5,12	5,27	5,40	5,51	5,61	5,71	5,80	5,88	5,95	6,02	6,09	6,15	6,21
13	3,06	3,73	4,15	4,46	4,69	4,88	5,05	5,19	5,32	5,43	5,53	5,63	5,71	5,79	5,86	5,93	6,00	6,06	6,11
14	3,03	3,70	4,11	4,41	4,64	4,83	4,99	5,13	5,25	5,36	5,46	5,56	5,64	5,72	5,79	5,86	5,92	5,98	6,03
15	3,01	3,67	4,08	4,37	4,59	4,78	4,94	5,08	5,20	5,31	5,40	5,49	5,57	5,65	5,72	5,79	5,85	5,91	5,96
16	3,00	3,65	4,05	4,34	4,56	4,74	4,90	5,03	5,15	5,26	5,35	5,44	5,52	5,59	5,66	5,73	5,79	5,84	5,90
17	2,98	3,62	4,02	4,31	4,52	4,70	4,86	4,99	5,11	5,21	5,31	5,39	5,47	5,55	5,61	5,68	5,74	5,79	5,84
18	2,97	3,61	4,00	4,28	4,49	4,67	4,83	4,96	5,07	5,17	5,27	5,35	5,43	5,50	5,57	5,63	5,69	5,74	5,79
19	2,96	3,59	3,98	4,26	4,47	4,64	4,79	4,92	5,04	5,14	5,23	5,32	5,39	5,46	5,53	5,59	5,65	5,70	5,75
20	2,95	3,58	3,96	4,24	4,45	4,62	4,77	4,90	5,01	5,11	5,20	5,28	5,36	5,43	5,50	5,56	5,61	5,66	5,71
24	2,92	3,53	3,90	4,17	4,37	4,54	4,68	4,81	4,92	5,01	5,10	5,18	5,25	5,32	5,38	5,44	5,50	5,55	5,59
30	2,89	3,48	3,84	4,11	4,30	4,46	4,60	4,72	4,83	4,92	5,00	5,08	5,15	5,21	5,27	5,33	5,38	5,43	5,48
40	2,86	3,44	3,79	4,04	4,23	4,39	4,52	4,63	4,74	4,82	4,90	4,98	5,05	5,11	5,17	5,22	5,27	5,32	5,36
60	2,83	3,40	3,74	3,98	4,16	4,31	4,44	4,55	4,65	4,73	4,81	4,88	4,94	5,00	5,06	5,11	5,15	5,20	5,24
120	2,80	3,36	3,69	3,92	4,10	4,24	4,36	4,47	4,56	4,64	4,71	4,78	4,84	4,90	4,95	5,00	5,04	5,09	5,13
∞	2,77	3,32	3,63	3,86	4,03	4,17	4,29	4,39	4,47	4,55	4,62	4,68	4,74	4,80	4,84	4,89	4,93	4,97	5,01

TABLEAU STATISTIQUE 5

Totaux des rangs

Totaux des rangs nécessaires au seuil de signification de 5% ($P \leq 0.05$). Les quatre nombres de chaque case représentent: la somme des rangs la moins non significative, indépendamment du traitement; la somme des rangs la plus non significative, indépendamment du traitement; la somme des rangs la moins non significative, avec un traitement prédéterminé; la somme des rangs la plus non significative, avec un traitement prédéterminé.

Nombre de réponses	Nombre de traitements ou d'échantillons classés																		
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
2	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	3-39
	.....	.....	.....	3-9	3-11	3-13	4-14	4-16	4-18	5-19	5-21	5-23	5-25	6-26	6-28	6-30	7-31	7-33	7-35
3	.....	.....	.....	4-14	4-17	4-20	4-23	5-25	5-28	5-31	5-34	5-37	5-40	6-42	6-45	6-48	6-51	6-54	7-56
	.....	4-8	4-11	5-13	6-15	6-18	7-20	8-22	8-25	9-27	10-29	10-32	11-34	12-36	12-39	13-41	14-43	14-46	15-48
4	.....	5-11	5-15	6-18	6-22	7-25	7-29	8-32	8-36	8-40	9-43	9-47	10-50	10-54	10-58	11-61	11-65	12-68	12-72
	.....	5-11	6-14	7-17	8-20	9-23	10-26	11-29	13-31	14-34	15-37	16-40	17-43	18-46	19-49	20-52	21-55	22-58	23-61
5	.....	6-14	7-18	8-22	9-26	9-31	10-35	11-39	12-43	12-48	13-52	14-56	14-61	15-65	16-69	16-74	17-78	18-82	18-87
	6-9	7-13	8-17	10-20	11-24	13-27	14-31	15-35	17-38	18-42	20-45	21-49	23-52	24-56	25-60	27-63	28-67	30-70	31-74
6	7-11	8-16	9-21	10-26	11-31	12-36	13-41	14-46	15-51	17-55	18-60	19-65	19-71	20-76	21-81	22-86	23-91	24-96	25-101
	7-11	9-15	11-19	12-24	14-28	16-32	18-36	20-40	21-45	23-49	25-53	27-57	29-61	31-65	32-70	34-74	36-78	38-82	40-86
7	8-13	10-18	11-24	12-30	14-35	15-41	17-46	18-52	19-58	21-63	22-69	23-75	25-80	26-86	27-92	29-97	30-103	31-109	32-115
	8-13	10-18	13-22	15-27	17-32	19-37	22-41	24-46	26-51	28-56	30-61	33-65	35-70	37-75	39-80	42-84	44-89	46-94	48-99
8	9-15	11-21	13-27	15-33	17-39	18-46	20-52	22-58	24-64	25-71	27-77	29-83	30-90	32-96	33-103	35-109	37-115	38-122	40-128
	10-14	12-20	15-25	17-31	20-36	23-41	25-47	28-52	31-57	33-63	36-68	39-73	41-79	44-84	47-89	49-95	52-100	54-106	57-111
9	11-16	13-23	15-30	17-37	19-44	22-50	24-57	26-64	28-71	30-78	32-85	34-92	36-99	38-106	40-113	42-120	44-127	45-135	47-142
	11-16	14-22	17-28	20-34	23-40	26-46	29-52	32-58	35-64	38-70	41-76	45-81	48-87	51-93	54-99	57-105	60-111	63-117	66-123

10	12-18	15-25	17-33	20-40	22-48	25-55	27-63	30-70	32-78	34-86	37-93	39-101	41-109	44-116	46-124	48-132	51-139	53-147	55-155
	12-18	16-24	19-31	23-37	26-44	30-50	33-57	37-63	40-70	44-76	47-83	51-89	54-96	57-103	61-109	64-116	68-122	71-129	75-135
11	13-20	16-28	19-36	22-44	25-52	28-60	31-68	34-76	38-85	39-93	42-101	45-109	47-118	50-126	53-134	55-143	58-151	60-160	63-168
	14-19	18-26	21-34	25-41	29-48	33-55	37-62	41-69	45-76	49-83	53-90	57-97	60-105	64-112	68-119	72-126	76-133	80-140	84-147
12	15-21	18-30	21-39	25-47	28-56	31-65	34-74	38-82	41-91	44-100	47-109	50-118	53-127	56-136	59-145	62-154	65-163	68-172	71-181
	15-21	19-29	24-36	28-44	32-52	37-59	41-67	45-75	50-82	54-90	58-98	63-105	67-113	71-121	76-128	80-136	84-144	89-151	93-159
13	16-23	20-32	24-41	27-51	31-60	35-69	38-79	42-88	45-98	49-107	52-117	56-126	59-136	62-146	66-155	69-165	73-174	76-184	79-194
	17-22	21-31	26-39	31-47	35-56	40-64	45-72	50-80	54-89	59-97	64-105	69-113	74-121	78-130	83-138	88-146	93-154	97-163	102-171
14	17-25	22-34	26-44	30-54	34-64	38-74	42-84	46-94	50-104	54-114	57-125	61-135	65-145	69-155	73-165	76-176	80-186	84-196	88-206
	18-24	23-33	28-42	33-51	38-60	44-68	49-77	54-86	59-95	65-103	70-112	75-121	80-130	85-139	91-147	96-156	101-165	106-174	111-183
15	18-26	23-37	28-47	32-58	37-68	41-79	46-89	50-100	54-111	58-122	63-132	67-143	71-154	75-165	79-176	84-186	88-197	92-208	96-219
	19-26	25-35	30-45	36-54	42-63	47-73	53-82	59-91	64-101	70-110	75-120	81-129	87-138	92-148	98-157	104-166	109-176	115-185	121-194
16	20-28	25-39	30-50	35-61	40-72	45-83	49-95	54-106	59-117	63-129	68-140	73-151	77-163	82-174	86-186	91-197	95-209	100-220	104-232
	21-27	27-37	33-47	39-57	45-67	51-77	57-87	63-97	69-107	75-117	81-127	87-137	93-147	100-156	106-166	112-176	118-186	124-196	130-206
17	22-29	27-41	32-53	38-64	43-76	48-88	53-100	58-112	63-124	68-136	73-148	78-160	83-172	88-184	93-196	98-208	103-220	108-232	113-244
	22-29	28-40	35-50	41-61	48-71	54-82	61-92	67-103	74-113	81-123	87-134	94-144	100-155	107-165	113-176	120-186	126-197	133-207	139-218
18	23-31	29-43	34-56	40-68	46-80	51-93	57-105	62-118	68-130	73-143	79-155	84-168	90-180	95-193	100-206	106-218	111-231	116-244	121-257
	24-30	30-42	37-53	44-64	51-75	58-86	65-97	72-108	79-119	86-130	93-141	100-152	107-163	114-174	121-185	128-196	135-207	142-218	149-229
19	24-33	30-46	37-58	43-71	49-84	55-97	61-110	67-123	73-136	78-150	84-163	90-176	96-189	102-202	107-216	113-229	119-242	124-256	130-269
	25-32	32-44	39-56	47-67	54-79	62-90	69-102	76-114	84-125	91-137	99-148	106-160	114-171	121-183	128-195	136-206	143-218	151-229	158-241

TABLEAU STATISTIQUE 6

Notes correspondant aux données classées par rang

Les écarts-moyens des 1er, 2e, 3e, ... membres (par ordre d'importance) des échantillons de dimensions différentes; les valeurs nulles et négatives sont omises.

Rang	Nombre d'échantillons									
	—	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1		0,56	0,85	1,03	1,16	1,27	1,35	1,42	1,49	1,54
2				0,30	0,50	0,64	0,76	0,85	0,93	1,00
3						0,20	0,35	0,47	0,57	0,66
4								0,15	0,27	0,38
5										0,12
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	1,59	1,63	1,67	1,70	1,74	1,76	1,79	1,82	1,84	1,87
2	1,06	1,12	1,16	1,21	1,25	1,28	1,32	1,35	1,38	1,41
3	0,73	0,79	0,85	0,90	0,95	0,99	1,03	1,07	1,10	1,13
4	0,46	0,54	0,60	0,66	0,71	0,76	0,81	0,85	0,89	0,92
5	0,22	0,31	0,39	0,46	0,52	0,57	0,62	0,67	0,71	0,75
6		0,10	0,19	0,27	0,34	0,39	0,45	0,50	0,55	0,59
7				0,09	0,17	0,23	0,30	0,35	0,40	0,45
8						0,08	0,15	0,21	0,26	0,31
9								0,07	0,13	0,19
10										0,06
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	1,89	1,91	1,93	1,95	1,97	1,98	2,00	2,01	2,03	2,04
2	1,43	1,46	1,48	1,50	1,52	1,54	1,56	1,58	1,60	1,62
3	1,16	1,19	1,21	1,24	1,26	1,29	1,31	1,33	1,35	1,36
4	0,95	0,98	1,01	1,04	1,07	1,09	1,11	1,14	1,16	1,18
5	0,78	0,82	0,85	0,88	0,91	0,93	0,96	0,98	1,00	1,03
6	0,63	0,67	0,70	0,73	0,76	0,79	0,82	0,85	0,87	0,89
7	0,49	0,53	0,57	0,60	0,64	0,67	0,70	0,73	0,75	0,78
8	0,36	0,41	0,45	0,48	0,52	0,55	0,58	0,61	0,64	0,67
9	0,24	0,29	0,33	0,37	0,41	0,44	0,48	0,51	0,54	0,57
10	0,12	0,17	0,22	0,26	0,30	0,34	0,38	0,41	0,44	0,47
11		0,06	0,11	0,16	0,20	0,24	0,28	0,32	0,35	0,38
12				0,05	0,10	0,14	0,19	0,22	0,26	0,29
13						0,05	0,09	0,13	0,17	0,21
14								0,04	0,09	0,12
15										0,04

Les essais de préférence psychologique et quelques autres données expérimentales suffisent à classer une série d'amplitudes par ordre de préférence, sans que des valeurs métriques soient nécessaires. Des analyses de variance, des corrélations, etc., peuvent être établies d'après ces données au moyen des notes normales, correspondant à chaque position dans l'ordre, dans le cas d'un échantillon de l'importance observée. Les valeurs ordinales en question peuvent donner lieu à des égalités mais, en de tels cas, il faut apporter des corrections aux sommes des carrés.

TABLEAU STATISTIQUE 7

Distribution de *t*

Degrés de liberté	Probabilité d'une valeur plus grande, de signe inconnu								
	0,500	0,400	0,200	0,100	0,050	0,025	0,010	0,005	0,001
1	1,000	1,376	3,078	6,314	12,706	25,452	63,657		
2	0,816	1,061	1,886	2,920	4,303	6,205	9,925	14,089	31,598
3	0,765	0,978	1,638	2,353	3,182	4,176	5,841	7,453	12,941
4	0,741	0,941	1,533	2,132	2,776	3,495	4,604	5,598	8,610
5	0,727	0,920	1,476	2,015	2,571	3,163	4,032	4,773	6,859
6	0,718	0,906	1,440	1,943	2,447	2,969	3,707	4,317	5,959
7	0,711	0,896	1,415	1,895	2,365	2,841	3,499	4,029	5,405
8	0,706	0,889	1,397	1,860	2,306	2,752	3,355	3,832	5,041
9	0,703	0,883	1,383	1,833	2,262	2,685	3,250	3,690	4,781
10	0,700	0,879	1,372	1,812	2,228	2,634	3,169	3,581	4,587
11	0,697	0,876	1,363	1,796	2,201	2,593	3,106	3,497	4,437
12	0,695	0,873	1,356	1,782	2,179	2,560	3,055	3,428	4,318
13	0,694	0,870	1,350	1,771	2,160	2,533	3,012	3,372	4,221
14	0,692	0,868	1,345	1,761	2,145	2,510	2,977	3,326	4,140
15	0,691	0,866	1,341	1,753	2,131	2,490	2,947	3,286	4,073
16	0,690	0,865	1,337	1,746	2,120	2,473	2,921	3,252	4,015
17	0,689	0,863	1,333	1,740	2,110	2,458	2,898	3,222	3,965
18	0,688	0,862	1,330	1,734	2,101	2,445	2,878	3,197	3,922
19	0,688	0,861	1,328	1,729	2,093	2,433	2,861	3,174	3,883
20	0,687	0,860	1,325	1,725	2,086	2,423	2,845	3,153	3,850
21	0,686	0,859	1,323	1,721	2,080	2,414	2,831	3,135	3,819
22	0,686	0,858	1,321	1,717	2,074	2,406	2,819	3,119	3,792
23	0,685	0,858	1,319	1,714	2,069	2,398	2,807	3,104	3,767
24	0,685	0,857	1,318	1,711	2,064	2,391	2,797	3,090	3,745
25	0,684	0,856	1,316	1,708	2,060	2,385	2,787	3,078	3,725
26	0,684	0,856	1,315	1,706	2,056	2,379	2,779	3,067	3,707
27	0,684	0,855	1,314	1,703	2,052	2,373	2,771	3,056	3,690
28	0,683	0,855	1,313	1,701	2,048	2,368	2,763	3,047	3,674
29	0,683	0,854	1,311	1,699	2,045	2,364	2,756	3,038	3,659
30	0,683	0,854	1,310	1,697	2,042	2,360	2,750	3,030	3,646
35	0,682	0,852	1,306	1,690	2,030	2,342	2,724	2,996	3,591
40	0,681	0,851	1,303	1,684	2,021	2,329	2,704	2,971	3,551
45	0,680	0,850	1,301	1,680	2,014	2,319	2,690	2,952	3,520
50	0,680	0,849	1,299	1,676	2,008	2,310	2,678	2,937	3,496
55	0,679	0,849	1,297	1,673	2,004	2,304	2,669	2,925	3,476
60	0,679	0,848	1,296	1,671	2,000	2,299	2,660	2,915	3,460
70	0,678	0,847	1,294	1,667	1,994	2,290	2,648	2,899	3,435
80	0,678	0,847	1,293	1,665	1,989	2,284	2,638	2,887	3,416
90	0,678	0,846	1,291	1,662	1,986	2,279	2,631	2,878	3,402
100	0,677	0,846	1,290	1,661	1,982	2,276	2,625	2,871	3,390
120	0,677	0,845	1,289	1,658	1,980	2,270	2,617	2,860	3,373
∞	0,6745	0,8416	1,2816	1,6448	1,9600	2,2414	2,5758	2,8070	3,2905

TABLEAU STATISTIQUE 8

Tableau de nombres choisis au hasard — permutations de 9

98119	47634	62128	74824	26316	69967	99242
42293	62781	39637	56945	93661	35153	26837
71926	19563	58873	41611	12194	24228	17798
17455	58857	11764	19452	57975	47815	52523
66834	25245	27285	25299	71782	88679	34114
29662	83196	93516	32777	64843	92581	73375
35341	74918	44949	93188	85428	71742	68486
84787	96479	76491	68563	38259	16396	81659
53578	31322	85352	87336	49537	53434	45961
24814	99952	56378	32381	21148	97297	72848
52498	87383	22131	69919	15466	36866	98794
71675	78536	73495	27778	77622	55159	51263
98581	33164	49769	86257	88255	72928	85426
37137	45775	97913	51435	93913	14312	16975
63226	16691	38586	93122	54874	29581	44112
86349	64849	61622	15644	62331	63645	39681
19752	22217	85847	48893	46597	48774	63557
45963	51428	14254	74566	39789	81433	27339
35951	41886	65455	39863	86891	26531	12772
62737	28622	97774	94399	65615	71385	36396
93289	53491	21397	16212	98532	12463	83527
57693	75743	49661	77747	54358	44124	59213
74862	87515	54246	43585	19779	87859	64959
19174	39259	33113	82151	47924	59642	75834
86518	66168	12838	25974	31147	93998	41141
48426	14937	88522	68628	73483	38217	97468
21345	92374	76989	51436	22266	65776	28685
46622	22565	57564	62716	48346	22575	76356
32234	77979	61291	19143	19222	98313	54127
25553	66127	89656	47931	84577	46781	43718
14871	33813	48879	33229	37769	79698	38599
91485	98384	23448	75582	95118	67862	82865
57997	15656	36185	56864	21884	53946	61484
78366	84292	74722	28657	76693	84137	99632
63148	49438	15937	81498	52455	31229	17273
89719	51741	92313	94375	63931	15454	25941
85392	17996	58885	38247	84138	71165	44722
72575	99477	91117	93856	77347	82872	29147
51457	72341	72394	47919	62519	34731	82898
96724	46815	23931	75785	95794	15923	57213
48683	28624	46578	52168	11983	99488	61586
64968	51183	64763	19332	33622	27299	73355
27846	64569	85256	81471	49461	58617	95634
19211	35232	19449	26624	58256	66356	18461
33139	83758	37622	64593	26875	43544	36979

TABLEAU STATISTIQUE 8 — *suite*

Nombres choisis au hasard — permutations de 9

42659	14978	74643	21224	33681	47164	99323
68131	96442	21839	59659	22718	79895	24254
36478	75184	92278	74478	19924	63749	61566
14824	37556	35982	63737	45539	56252	46132
79966	61713	57561	85393	54495	38978	73771
95313	43327	16415	42881	97242	84586	58488
21585	82635	43154	16545	86363	91337	82695
53797	28899	69727	38112	61157	12611	37847
87242	59261	88396	97966	78876	25423	15919
16383	72679	78165	11448	12781	89769	75817
22898	25526	34851	48721	65122	95142	39438
87751	97953	43779	55296	27956	53894	62683
35614	36891	15414	87175	88867	72978	84774
93275	41737	91937	24934	79478	36256	17991
44946	18212	22682	79363	46615	24425	26256
78167	54368	69326	36587	34349	68617	91365
61439	89445	56293	92612	91594	41581	58129
59522	63184	87548	63859	53233	17333	43542
49661	11831	37549	97499	94883	32513	95688
53196	68259	65492	28563	21942	86426	81796
86857	75113	73927	69736	86511	95998	73811
37442	22945	91338	12117	39629	48254	12377
98339	49672	86783	81928	17356	53331	29969
24714	33386	29114	36371	42134	69875	54255
15928	96568	14661	55252	75467	11189	47432
71583	54794	58875	74885	53795	27767	38544
62275	87427	42256	43644	68278	74642	66123
31727	54363	98644	86696	58126	54111	12173
22588	96555	31488	39317	73757	67449	37334
15869	22124	49991	13468	84674	28392	89592
63276	85881	75722	45251	12565	72976	44247
98414	73738	64539	57729	36299	46527	76481
57633	41279	52277	94144	21331	19263	23856
46155	17446	13115	68983	67448	33855	98668
84991	39692	86853	21575	45912	85738	51719
79342	68917	27366	72832	99883	91684	65925
92495	48448	19485	27965	98734	38213	35326
11813	86599	27677	68698	22229	14862	28984
39557	24933	81923	76577	67867	25957	14118
86672	69156	96531	11751	83458	93428	51672
75339	73687	68254	34146	59592	62575	69737
24921	97224	42748	83432	46971	77696	72261
43784	51812	73399	99219	31113	89734	43549
68166	35771	55116	52383	15686	46389	86495
57248	12365	34862	45824	74345	51141	97853

FACTEURS DE CONVERSION

Unité métrique	Facteur approximatif de conversion	Donne
LINÉAIRE		
millimètre (mm)	x 0,04	pouce
centimètre (cm)	x 0,39	pouce
mètre (m)	x 3,28	pied
kilomètre (km)	x 0,62	mille
SUPERFICIE		
centimètre carré (cm^2)	x 0,15	pouce carré
mètre carré (m^2)	x 1,2	verge carrée
kilomètre carré (km^2)	x 0,39	mille carré
hectare (ha)	x 2,5	acre
VOLUME		
centimètre cube (cm^3)	x 0,06	pouce cube
mètre cube (m^3)	x 35,31	pied cube
	x 1,31	verge cube
CAPACITÉ		
litre (L)	x 0,035	pied cube
hectolitre (hL)	x 22	gallons
	x 2,5	boisseaux
POIDS		
gramme (g)	x 0,04	once
kilogramme (kg)	x 2,2	livre
tonne (t)	x 1,1	tonne courte
AGRICOLE		
litres à l'hectare	x 0,089	gallons à l'acre
	x 0,357	pintes à l'acre
	x 0,71	chopines à l'acre
millilitres à l'hectare	x 0,014	onces liquides à l'acre
tonnes à l'hectare	x 0,45	tonnes à l'acre
kilogrammes à l'hectare	x 0,89	livres à l'acre
grammes à l'hectare	x 0,014	onces à l'acre
plants à l'hectare	x 0,405	plants à l'acre